

## Kurzprofil

# Produktionstechnisches Zentrum (PTZ) Berlin



Im Produktionstechnischen Zentrum (PTZ) Berlin 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.

Von unserem Know-how und unseren Lösungen können Sie profitieren. Durch eine Kooperation mit dem Produktionstechnischen Zentrum Berlin sichern Sie sich den Transfer neuester Technologien und damit Wettbewerbsvorteile am Markt.

## Ihre Ansprechpartner im PTZ Berlin

**Füge- und Beschichtungstechnik**  
Prof. Dr.-Ing. Lutz Dorn  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 14 – 2 33 64  
E-Mail: Lutz.Dorn@TU-Berlin.de

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

**Virtuelle Produktentstehung und Industrielle Informationstechnik**  
Prof. Dr.-Ing. Frank-Lothar Krause  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06 – 2 43  
E-Mail: frank-l.krause@ipk.fraunhofer.de

**Automatisierungstechnik sowie Industrielle Automatisierungstechnik**  
Prof. Dr.-Ing. Jörg Krüger  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06 – 1 81  
E-Mail: joerg.krueger@ipk.fraunhofer.de

**Medizintechnik**  
N. N.  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06 – 1 77

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

**Montagetechnik und Fabrikbetrieb**  
Prof. Dr.-Ing. Günther Seliger  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 14 – 2 20 14  
E-Mail: guenther.seliger@mf.tu-berlin.de

**Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik, Produktionssysteme sowie Projektgruppe Hennigsdorf**  
Prof. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06 – 1 01  
E-Mail: eckart.uhlmann@ipk.fraunhofer.de

## Dienstleistungszentren im PTZ Berlin

**Benchmarking**  
Informationszentrum  
Prof. Dr.-Ing. K. Mertins  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06 – 1 68  
E-Mail: izb@ipk.fraunhofer.de

**Wissensmanagement**  
Competence Center  
Dipl.-Psych. I. Finke  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06 – 2 64  
E-Mail: ina.finke@ipk.fraunhofer.de

**Demonstrationszentrum Simulation**  
Dr.-Ing. M. Rabe  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06 – 2 48  
E-Mail: markus.rabe@ipk.fraunhofer.de

**DZ-VIPro**  
Demonstrationszentrum  
Virtuelle Produkt- und Produktionsentstehung  
Dipl.-Ing. H. Jansen  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06 – 2 47  
E-Mail: helmut.jansen@ipk.fraunhofer.de

**VR-Labor**  
Anwendungszentrum für VR in der Produktentwicklung  
Dipl.-Inform. J. Neumann  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06 – 3 22  
E-Mail: jens.neumann@ipk.fraunhofer.de

**EDM / PDM**  
Competence Center  
Dr.-Ing. H. Hayka  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06 – 2 21  
E-Mail: haygazun.hayka@ipk.fraunhofer.de

**Telekooperation für die Produktentwicklung**  
Telekooperationslabor  
Dipl.-Ing. H. Gärtner  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06 – 2 18  
E-Mail: telekooperation@ipk.fraunhofer.de

**Rapid Prototyping**  
Anwendungszentrum  
Dipl.-Ing. P. Elsner  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 14 – 2 49 63  
E-Mail: elsner@iwf.tu-berlin.de

**Keramikbearbeitung**  
Industriearbeitskreis  
Dipl.-Ing. T. Hühns  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 14 – 2 36 24  
E-Mail: huehns@iwf.tu-berlin.de

**CVD-Diamant-Werkzeuge**  
Competence Center  
Dipl.-Ing. R. Kott  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 14 – 2 36 24  
E-Mail: kott@iwf.tu-berlin.de

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

**Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik**  
Dipl.-Ing. Mark Krieg  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06 – 1 59  
E-Mail: mark.krieg@ipk.fraunhofer.de

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

**Rechnerlabor für Modellierung technologischer und logistischer Prozesse in Forschung und Lehre**  
Dipl.-Ing. M. Ciupek  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 14 – 2 35 46  
E-Mail: markus.ciupek@mf.tu-berlin.de

**Electronic Business**  
Innovationszentrum  
Dr.-Ing. Z. Menevidis  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06 – 1 97  
E-Mail: zaharya.menevidis@ipk.fraunhofer.de

**Unternehmensnetze ProNetz**  
Competence Center  
Dipl.-Ing. B. Schallack  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06 – 1 63  
E-Mail: burkhard.schallack@ipk.fraunhofer.de

**Mitarbeiterqualifizierung/ Arbeitssystemgestaltung**  
Competence Center  
PD Dr. habil. K. Berger  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06 – 2 67  
E-Mail: konrad.berger@ipk.fraunhofer.de

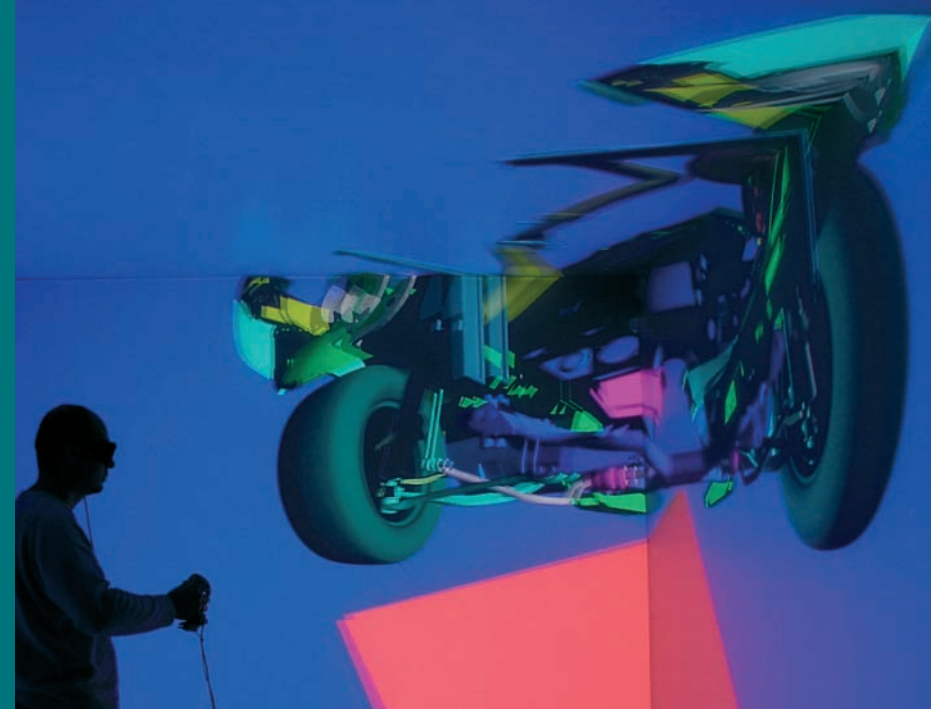
**Zentrum für Mikroproduktionstechnik**  
Dipl.-Ing. D. Oberschmidt  
Tel.: +49 (0) 30 / 63 92 – 51 06  
E-Mail: dirk.oberschmidt@ipk.fraunhofer.de

**Sfb 281**  
DFG Sonderforschungsbereich »Demontagefabriken zur Rückgewinnung von Ressourcen in Produkt- und Materialkreisläufen«  
Sprecher:  
Prof. Dr.-Ing. G. Seliger  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 14 – 2 20 14  
E-Mail: seliger@mf.tu-berlin.de  
Geschäftsführer:  
Dipl.-Ing. C. Franke  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 14 – 2 35 46  
E-Mail: sfb281@mf.tu-berlin.de

**Produktionstechnisches Zentrum (PTZ) Berlin**  
Pascalstraße 8–9, 10587 Berlin

V i s i o n  
I n n o v a t i o n  
R e a l i s i e r u n g

# Futur



► **Schwerpunkt: Integrative Produktion – schneller zum Produkt**

Mitteilungen aus dem Produktionstechnischen Zentrum (PTZ) Berlin

## Inhalt

- Integrative Produktion – schneller zum Produkt
- Simulation komplexer parallel-kinematischer Maschinen
- Adaptronik in Werkzeugmaschinen – Kompensation thermisch bedingter Verlagerungen
- Intelligente magnetofluidische Dämpfer
- Auslegung und Simulation für Rückhaltesysteme der Werkzeugmaschinen
- Werkzeugbeschichtungen aus kubischem Bornitrid (cBN) für die HSC-Bearbeitung
- Gradierte Werkstoffeigenschaften – eine Herausforderung für die Fertigungstechnik
- Condition-Monitoring zur Gewinnung von Informationen aus der Betriebsphase
- Grid-Technologie in der Produktentwicklung
- Koordination von Supply Chains in KMU-Netzwerken
- Interoperabilität in Produktentwicklungs- und Geschäftsprozessen
- Absicherung der Umstrukturierungsplanung für eine Gasturbinenschauelfertigung durch Simulation

## Interview

Gespräch mit Martin Biallowons, Product Lifecycle Management, gedas AG, Berlin

## Ereignisse & Termine

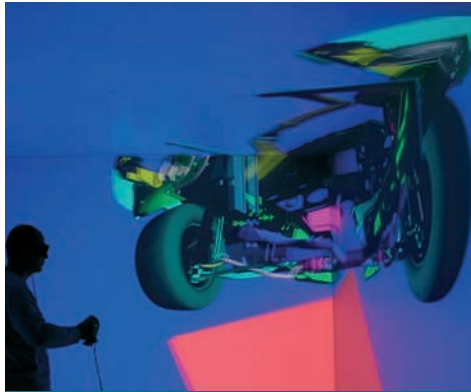


**Fraunhofer** Institut Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik



Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb Technische Universität Berlin

## VR-basierte Ein- und Ausbausimulation



## Impressum

Futur 2/2005  
7. Jahrgang  
ISSN 1438-1125

Herausgeber:  
Prof. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann

Mitherausgeber:  
Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Lutz Dorn  
Prof. Dr.-Ing. Joachim Herrmann  
Prof. Dr.-Ing. Frank-Lothar Krause  
Prof. Dr.-Ing. Jörg Krüger  
Prof. Dr.-Ing. Kai Mertins  
Prof. Dr.-Ing. Günther Seliger

Fraunhofer-Institut für  
Produktionsanlagen und  
Konstruktionstechnik (IPK) Berlin

Institut für Werkzeugmaschinen und  
Fabrikbetrieb (IWF) der TU Berlin

Redaktion:  
Christopher Hayes

Anschrift der Redaktion:  
Fraunhofer-Institut für  
Produktionsanlagen und  
Konstruktionstechnik  
Leitung:  
Prof. 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  
http://www.ipk.fraunhofer.de

Gestaltung und Produktion:  
FR&P Werbeagentur GmbH,  
Berlin

Herstellung:  
Ruksaldruck, Berlin

## Inhalt

- 04** Integrative Produktion – schneller zum Produkt
- 06** Simulation komplexer parallelkinematischer Maschinen
- 08** Adaptronik in Werkzeugmaschinen – Kompensation thermisch bedingter Verlagerungen
- 10** Intelligente magnetofluidische Dämpfer
- 12** Auslegung und Simulation für Rückhaltesysteme der Werkzeugmaschinen
- 14** Werkzeugbeschichtungen aus kubischem Bornitrid (cBN) für die HSC-Bearbeitung
- 16** Gradierte Werkstoffeigenschaften – eine Herausforderung für die Fertigungstechnik
- 20** Condition-Monitoring zur Gewinnung von Informationen aus der Betriebsphase
- 22** Grid-Technologie in der Produktentwicklung
- 24** Koordination von Supply Chains in KMU-Netzwerken
- 26** Interoperabilität in Produktentwicklungs- und Geschäftsprozessen
- 28** Absicherung der Umstrukturierungsplanung für eine Gasturbinschaufelfertigung durch Simulation
- 30** Interview mit Martin Biallowons, gedas AG, Berlin
- 32** Partnerunternehmen: gedas
- 34** Ereignisse & Termine
- 36** Kurzprofil PTZ

© Fraunhofer IPK Berlin

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

Belegexemplare werden erbeten.

Liebe Leserinnen,  
liebe Leser,

gestiegene Kundenerwartungen, internationalisierte Märkte und zunehmend schnelllebigere Produkte verlangen nach kürzeren Produktentwicklungszeiten, kundenindividuellen Systemlösungen sowie reduzierten Kosten.

Die Entwicklung, Herstellung und Vermarktung innovativer Produkte und die Fähigkeit von Unternehmen, flexibel auf die sich stetig ändernden Anforderungen zu reagieren, sind eine wesentliche Voraussetzung zur Sicherung bzw. Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit auf den globalen Märkten. Neben flexiblen Produktionseinrichtungen ist damit auch die geeignete Unterstützung der Produktentstehung durch Entwicklungsmethoden und deren informationstechnische Realisierung eine den Wettbewerb entscheidende Herausforderung.

Digitalisierte Verfahren und Methoden im Bereich Design, Konstruktion, Test und Produktion tragen heute entscheidend dazu bei, die Zeit zwischen Idee und Markteinführung eines neuen Produkts zu verkürzen. Wer somit schneller auf die Wünsche der Kunden reagiert, sichert sich auch Wettbewerbsvorteile.

Für die produzierende Industrie in Deutschland geht daher der Trend eindeutig zur »Digitalen Fabrik«. Dieses Schlagwort bezieht sich sowohl auf die digitale Vernetzung einer realen Fabrik als auch auf die virtuelle Produktion als digitale Abbildung der Fabrik und ihrer Bestandteile. Digitale Vernetzung hilft, die Qualität zu verbessern und die Prozesssicherheit zu erhöhen. Sie unterstützt die Skalier- und Rekonfigurierbarkeit von

Maschinen und Anlagen und trägt zur Erhöhung der Verfügbarkeit sowie zur Vereinfachung der Instandhaltung bei. Zentrales Element bei der digitalen Planung von Produktionsstätten, Anlagen und Herstellungsprozessen ist die Simulation. Hier bieten sich auch speziell kleinen und mittelständischen Unternehmen neue Nutzungsmöglichkeiten.

Um der genannten Forderung gerecht zu werden, ist ein Schwerpunkt der beiden Institute im Produktionstechnischen Zentrum Berlin PTZ, des Fraunhofer-Instituts für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK und des Instituts für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb IWF der TU Berlin, die Optimierung von Werkzeugen für neue und zukünftige Materialien sowie die Verkürzung von Entwicklungs- und Produktionszeiten mit Hilfe ganzheitlicher Prozessoptimierung und Simulation.

Zunehmend steigende Produktivität bei gleichzeitiger Kostenreduzierung führte in der Produktionstechnik auch dazu, verstärkt nach neuen, hochdynamischen Maschinenkonzepten zu suchen. Interessante Potenziale gerade hinsichtlich der Dynamik und Steifigkeit bietet beispielsweise eine am IWF der TU-Berlin entwickelte Maschine mit Seilkinematik und eine Maschine mit Stabkinematik – ein Dodekapod.

Unter dem Begriff »Mechatronische Produktionssysteme« wird am PTZ an der durchgängigen Simulation von Werkstoffverhalten, Prozess, Produktionssystem und Produkt geforscht. Dazu werden beispielsweise Möglichkeiten zur Integration von Informationssystemen sowohl produktionsvorbereitend für die Realisierung wandlungsfähiger Systeme

als auch produktionsbegleitend unter dem Stichwort »Adaptronik« entwickelt.

Adaptronische Systeme bestehen aus multifunktionalen Materialien, in denen zur Erfassung von Zustandsänderungen sowie zur autonomen Regelung Sensor- und Aktuatorfunktionen hochintegriert sind. Technische Anwendungen finden adaptronische Systeme beispielsweise bei der Mikropositionierung und aktiven Schwingungsdämpfung von Maschinenbaugruppen, wo vorwiegend piezoelektrische Materialien verwendet werden.

In dieser Ausgabe der Futur stellen wir Ihnen außerdem mit Beiträgen zur Auslegung und Simulation von Werkzeugmaschinen, zur HSC-Bearbeitung, zum Einsatz von Rapid Prototyping in der Fertigungstechnik sowie zur Zustandsüberwachung von Maschinen und Anlagen aktuelle Forschungsergebnisse und FuE-Projekte des Fraunhofer IPK und des IWF zur integrierten Produkt- und Prozessplanung vor.

Am Industriestandort Deutschland wird es für die Zukunft entscheidend darauf ankommen, innovative Produkte vernetzt und damit effizient zu entwickeln sowie den gesamten der Produktentstehung zu Grunde liegenden Prozess transparent und kostengünstig zu gestalten.

Wir wünschen Ihnen viel Freude und interessante Anregungen bei der Lektüre.

Eckart Uhlmann

### Ihr Ansprechpartner

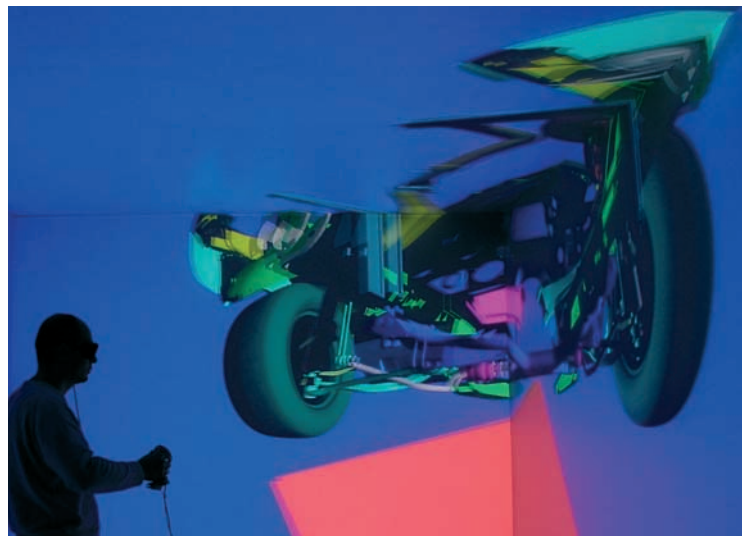
Prof. Dr.-Ing. Frank-Lothar Krause  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06 – 2 43  
Fax: +49 (0) 30 / 3 93 02 46  
E-Mail: frank-l.krause@ipk.fraunhofer.de

# Integrative Produktion – schneller zum Produkt

Die technische Konstruktion kann auf eine lange historische Entwicklung zurückblicken. Nachdem der Vorgang die längste Zeit mühevoll auf dem Zeichenbrett stattgefunden hatte, konnte er im 20. Jahrhundert mit Hilfe von Rechnern beschleunigt werden. Heutzutage werden zum Konstruieren fortschrittliche Techniken, wie die des 2D- und 3D-Modellierens herangezogen. Es gibt Datenformate und Systemarchitekturen, die eine Verbindung von einzelnen Problembearbeitungen zu Prozessketten erlauben. Die geometrische Modellierung hat sich zur kompletten Produktmodellierung entwickelt und es wird angestrebt, Produkte und Prozesse an einen Digitalen Master zu binden. Im Sinne einer Beschleunigung der Abläufe müssen die rechnerunterstützten Prozessketten eine höchstmögliche Länge aufweisen. Aus der integrierten Produktentwicklung wird durch Anbindung der Digitalen Fabrik die Integrative Produktion.

### Integrative Produktentwicklung

Der Produktplanung kommt im Zeitalter gesättigter Märkte und globaler Produktion eine wesentlich größere Bedeutung zu, als noch vor wenigen Jahren. Das »Integrative« an den neuen Vorgehensweisen erschließt sich bereits hier. Im Sinne von Simultaneous Engineering muss in enger Kooperation zwischen Produktentwicklung und Fertigung entschieden werden, welche Produkte den Zielen des Unternehmens am besten entsprechen. Man könnte sagen, dass das eigentliche »Frontloading« vor allem in der Produktplanung bedeutsam ist.



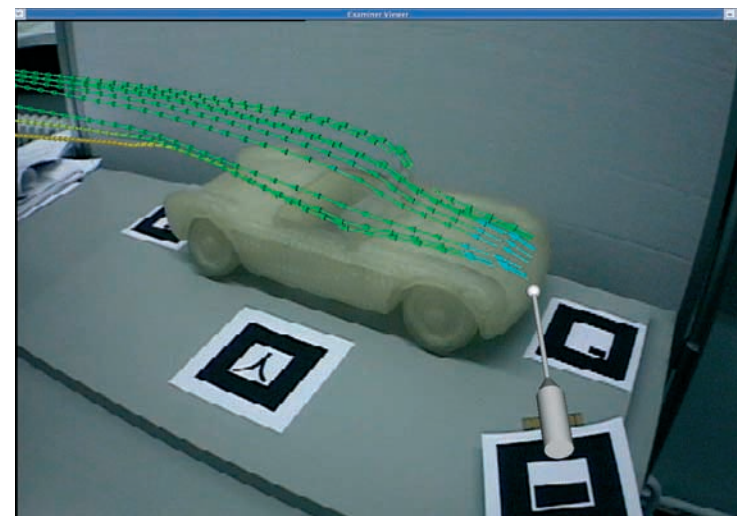
VR-basierte Ein- und Ausbausimulation

In diesem Zusammenhang muss auf das »Converse Engineering« hingewiesen werden. Schon in der Konstruktionsmethodik hatte das fertigungsgerechte Konstruieren stets einen festen Platz. Die Ausbildung der Konstrukteure enthielt immer auch Anteile der Fertigungstechnik. Das »Converse Engineering« stellt jedoch den Konstruktionsvorgang um. Wurde früher erst die funktional begründete räumliche Gestaltung vorgenommen und dann die Herstellbarkeit überprüft, so werden beim »Converse Engineering« erst die Fertigungsmöglichkeiten analysiert und dann wird mit Hilfe funktionaler Vorgaben die räumliche Gestalt bestimmt. Dieser Weg hat den Vorteil, dass die Herstellbarkeit von vornherein gesichert ist. Die Aufgaben der Digitalen Fabrik setzen also

bereits in einer sehr frühen Phase der Produktentwicklung an.

### Produktbewertung durch Simulation

Mit Entwicklungen, wie iViP (integrierte Virtuelle Produktentstehung), sind Systemarchitekturen verfügbar geworden, die den hohen Ansprüchen an Durchgängigkeit und Flexibilität gerecht werden. Die Entwicklung von Systemen des DMU (Digital Mock-Up) zu FMU (Functional Mock-Up) ist ein Vorgang, der mit derartigen Systemarchitekturen unterstützt werden kann, weil die physikalischen Produkteigenschaften durch Simulation erfassbar sind. Großer Forschungsbedarf besteht in dieser Hinsicht noch bei mechatronischen Systemen.



Ergebnisuntersuchung der Strömungssimulation mit Augmented Reality

Die Funktionseinheiten werden dabei aus mechanischen, elektronischen und Software-Anteilen sowie aus regelungstechnischen Komponenten gebildet. Die Behandlung dieser Quadrupel ist für Entwicklung und Fertigung eine Herausforderung.

Simulation als Mittel der Absicherung, der Informationsbeschaffung und der Ergänzung zu Experimenten hat einen hohen Stellenwert in der Integrativen Produktion. Die Verfahren der Modellbildung und ihre Validierung sowie die Durchführung der virtuellen Experimente und ihre Verifizierung stellen hohe Anforderungen an die Integrationsfähigkeit. Es geht um die Bereitstellung der Modelldaten, beispielsweise aus PDM-Systemen, die Ermöglichung von Simulationsrechnungen und ihre Bewertung.

### Produktionsverfahren mit Tradition und Potenzial

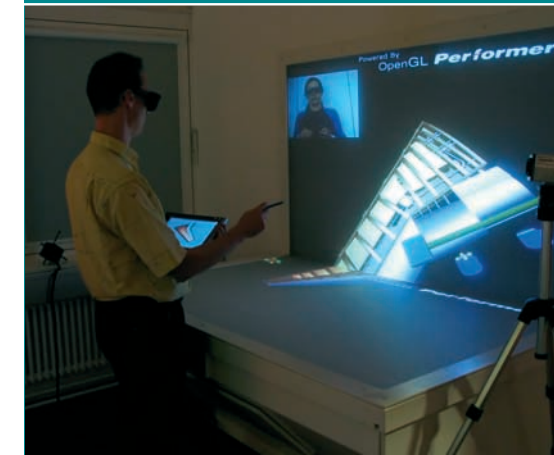
Technische Bewertungen sind im Ingenieurbereich zunehmend mit grafischen Mitteln möglich geworden. Besondere Bedeutung wurde hier in den letzten Jahren den Verfahren der virtuellen und der augmentierten Realität zuteil. Für die Industrie ist die Tendenz entscheidend, dass sich in Ergänzung und in Weiterentwicklung zu CAD-Systemen die

Arbeitstechniken der VR-AR-Welt ständig verbessern und zudem erschwinglicher werden.

Geht man in der Zeit zurück in das Jahr 1850, so können die in der damals vorherrschenden Meisterbude ausgeführten Konstruktions- und Planungsaufgaben bereits als integrativ angesehen werden. Erst die Analysen und Methoden von Taylor brachten diesbezüglich eine Veränderung. Unter dem Aspekt informationstechnischer Schnittstellen, geeigneter Systemarchitekturen sowie Basis-, Anwendungs- und Simulationssystemen kann unter Nutzung von VR und AR ein Bogen bis hin zum heutigen integrativen Vorgehen für die gesamte Produktion gespannt werden. Dieses Vorgehen bringt die Beschleunigung von Abläufen, eine höhere Qualität und eine verbesserte Beeinflussbarkeit von Kosten mit sich. Der integrative Weg besteht dabei sowohl aus automatischen, als auch interaktiven Bestandteilen. Die höchste erforderliche Flexibilität in den Prozessketten kann dabei nur gewährleistet werden, wenn dafür geeignete interaktive Möglichkeiten zur Verfügung stehen. Die Geschwindigkeit der Produktentstehung, die Produktqualität und

### Integrative Production – Realizing Products Faster

The historical development of design has taken place over a long period of time. After the era of the drawing board, the introduction of computers has brought an enormous acceleration. State-of-the-art is 2D and 3D modeling. Certain data formats and system architectures combine single tasks to entire process chains. Geometrical modeling has evolved to product modeling. The objective of this development is to link products and processes to a Digital Master. Processes are no longer only those pertaining to product development. For the purpose of accelerating the processes, IT-supported process chains have to be of the maximum possible length. Thus, integrated product development combined with the Digital Factory becomes Integrative Production.



Holobench

die Prozesskosten hängen von der Umsetzung der Firmenabläufe ab. Methoden und Systeme der Integrativen Produktion bieten Möglichkeiten diese zu planen und zu überwatchen.

# Simulation komplexer parallelkinematischer Maschinen



Bild 1: Arbeitsplattform der Seilkinematik

Der Fortschritt in der Rechen- und Simulationstechnik ermöglicht es, immer kürzer werdende Entwicklungszeiten für komplexe Bauteile, Baugruppen und Maschinensysteme zu realisieren. Aufgrund ihrer komplexen Kinematik profitiert insbesondere die Entwicklung PKM von den Verbesserungen der Simulationstechnik. Unter Verwendung aktueller Simulationssoftware lassen sich nunmehr die Eigenschaften der Systeme, wie z. B. Steifigkeit oder Arbeitsraum, in einem akzeptablen Zeitrahmen ermitteln.

Die Forderungen nach steigender Produktivität bei gleichzeitiger Kostenreduzierung führten in der Produktionstechnik in den vergangenen Jahren zu einer verstärkten Suche nach neuen Maschinenkonzepten. Bei konventionellen Maschinenkinematiken erfolgt die lineare Relativbewegung zwischen Werkstück und Werkzeug entlang der Achsen eines kartesischen Koordinatensystems, die lineare Bewegung kann zusätzlich mit ein oder zwei rotatorischen Drehachsen überlagert sein. Durch die aufeinander aufbauenden Maschinenkomponenten erhöht sich die zu bewegende Masse und führt dadurch zu einer Verschlechterung des dynamischen Verhaltens der Struktur. Zudem ist die Gesamtgenauigkeit der Maschine dadurch eingeschränkt, da eine Antriebseinheit die andere trägt. Der Einsatz paralleler Kinematiken in Handhabungs- und Werkzeugmaschinen bietet Potenzial gerade hinsicht-

lich der Dynamik und Steifigkeit. Für die Erforschung der Einsatzmöglichkeiten und die Optimierung paralleler Kinematiken in einem produktiven Umfeld ist am IWF der TU-Berlin eine Seilkinematik und der »Dodekapod« als Teil eines Pilot-Demontagesystems zur Demontage von Gebrauchsgütern entwickelt worden. Die Seilkinematik besteht aus acht Antriebseinheiten mit Hochleistungs-Kunststoffseilen (Bild 1). Nicht nur die Verringerung der Massen, auch die nur mit diesem Antriebskonzept mögliche Abdeckung sehr großer Arbeitsräume sind die entscheidenden Vorteile dieser Struktur. Der Dodekapod ist eine parallele Kinematik mit zwölf längenveränderlichen Achsen und stellt eine Erweiterung des bekannten Hexapodaufbaus dar, der im Allgemeinen als Stuart-Gough-Plattform bezeichnet wird. Zusätzlich zu den sechs Hexapodantrieben wurden jeweils drei Antriebe in die Arbeits- und die Grundplattform integriert. Die Variation der Grundplattform ermöglicht eine Verlagerung des Arbeitsraumes, die Variation der Arbeitsplattform das Durchführen von Spannbewegungen. Der Dodekapod übernimmt im Pilot-Demontagesystem zwei Aufgaben. Einerseits dient er als flexibles Handhabungs- und Spannsystem für schwere Gebrauchsgüter oder Baugruppen. Andererseits ist er als Schnittstelle zwischen einem manuellen Arbeitsplatz und den vollautomatisierten

Maschinenarbeitsplätzen konzipiert. Aus der Struktur paralleler Kinematiken ergeben sich gegenüber seriellen Kinematiken (z. B. Knickarmroboter) Vor- und Nachteile. Die Vorteile zeigen sich in einer hohen Steifigkeit und damit in einem guten Verhältnis von Eigengewicht zu bewegter Masse. Nachteilig ist dagegen die Größe des Arbeitsraumes. Dies führte dazu, dass Parallelkinematiken bisher nur in speziellen Anwendungen, z. B. Flugsimulatoren, zum Einsatz kamen. Sowohl die Seilkinematik als auch der Dodekapod sind Ansätze, diesen Nachteil zu minimieren und dadurch neue Anwendungsfelder zu erschließen.

## ► Berechnung und Darstellung des Arbeitsraumes

Unter Verwendung der Software Matlab/Simulink der Firma Mathworks, lässt sich der Arbeitsraum der Kinematiken ermitteln und visualisieren. Die mathematische Abbildung der Kinematik erfolgt dabei über die Transformationsalgorithmen, die aus den aktuellen Parametern der Antriebe die kartesische Position der Arbeitsplattform ermitteln (Vorwärtstransformation) und umgekehrt (Rückwärtstransformation). Der einfachste Weg, den Arbeitsraum zu berechnen, ist, einen Raum, der den vermuteten Arbeitsraum beinhaltet, zu diskretisieren und für jeden Punkt dieses Raumes eine Rückwärtstransformation durchzu-

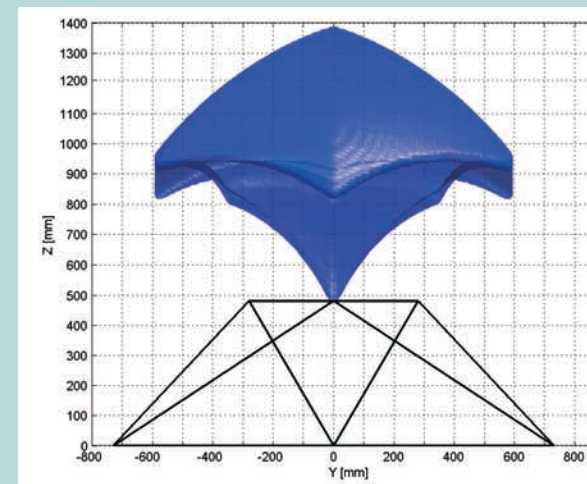


Bild 2: Arbeitsraumanalyse Dodekapod / Hexapod

führen. Daraus ergibt sich eine Punktwolke, die das Arbeitsraumvolumen in der vorher festgelegten Auflösung darstellt. Um die rechenstechnischen Anforderungen zu verdeutlichen sei erwähnt, dass der Dodekapod, ohne Bewegung der Antriebe in der Grundplattform, Werte von ca.  $\pm 700$  mm in X- und in Y-Richtung erreicht. Die Z-Verschiebung hat eine Ausdehnung von ca. 600 mm. Damit ergeben sich bei einer Auflösung von nur 10 mm 1.176.000 zu prüfende Punkte. Bezieht man die Achsen der Grundplattform mit ein, vergrößert sich die Z-Ausdehnung des Arbeitsraumes auf ca. 850 mm. Die Anzahl der durchzuführenden Rückwärtstransformationen steigt damit auf 1.660.000. Zur Visualisierung des Arbeitsraumvolumens stellt Matlab einige Funktionen zu Verfügung, die z. B. eine Hüllkurve um die Punktwolke legen (Bild 2).

Auch andere Merkmale, wie die Struktursteifigkeit, eingeleitete Kräfte und Momente können so in Abhängigkeit von der Position der Arbeitsplattform visualisiert werden (Bild 3).

Eine Quantifizierung des Arbeitsraums als Basis für einen Vergleich lässt sich durch Zählen der Elemente der Punktwolke erreichen. Für eine relative Bewertung zweier Arbeitsräume zueinander ist diese Methode

sehr genau. Einen absoluten Wert für das Volumen eines Arbeitsraumes kann nur näherungsweise ermittelt werden, indem jeder Punkt als Eckpunkt eines Würfels betrachtet wird. Die Kantenlänge entspricht dabei der gewählten Auflösung. Die Komplexität der Steuerung und der Auslegung der Kinematiken, die Optimierung der Stab- oder Seilposition, die Art und Lage der Gelenke im Raum für die Optimierung des Arbeitsraumes und die daraus ableitbare Maschinengestellstruktur sind als Hauptfaktoren für die schleppende Umsetzung der Parallelkinematiken im Werkzeugmaschinenbereich zu nennen. Trotz intensiver Forschungsaktivitäten auf diesem Gebiet und zu verzeichnender Erfolge des Erkenntnisgewinns über die verschiedenen Parallelstrukturen, ist es bis heute noch nicht gelungen, die Akzeptanz bei den Maschinenherstellern auf breiter Front zu erreichen und zu sichern. Die Lösungen zeigen, dass parallelkinematische Maschinen schon heute in einigen Nischen einen festen Platz einnehmen. Nichtsdestotrotz muss die Entwicklungs- und Forschungsarbeit auf diesem Gebiet weiter vorangetrieben werden, um das volle Potenzial dieser Maschinenkonzepte nutzbar zu machen. Dabei sind Simulationswerkzeuge, die diese Komplexität erst handhabbar machen, unverzichtbar geworden.

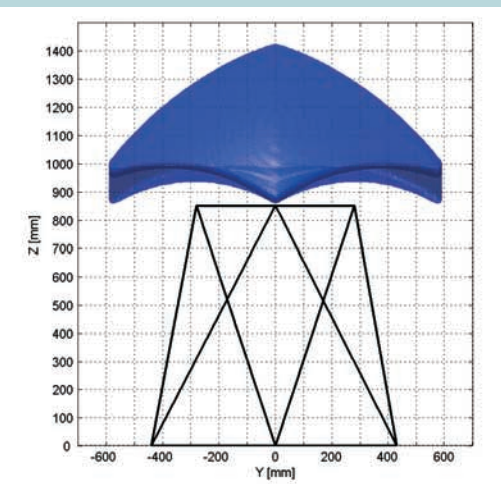


Bild 3: Bewegungssimulation der Kinematik mit ADAMS

## ► Simulation of Complex Parallel Kinematics

The steady progress in computer and simulation technology makes it possible to achieve ever shorter development cycles for complex parts, components and machine tool systems. It is especially the parallel kinematic that profits the most from this development. State-of-the-art simulation software allows to determine system properties such as stiffness and work space in an acceptable time frame.

## ► Ihr Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Erdmann Schäper  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 14 – 2 31 40  
Fax: +49 (0) 30 / 3 14 – 2 58 95  
E-Mail: schaeper@iwf.tu-berlin.de

Ihr Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Christian Neumann  
 Tel.: +49 (0) 30 / 3 14 - 2 44 52  
 Fax: +49 (0) 30 / 3 14 - 2 58 95  
 E-Mail: neumann@iwf.tu-berlin.de

## Adaptronik in Werkzeugmaschinen – Kompensation thermisch bedingter Verlagerungen

Adaptronische Systeme bestehen aus multifunktionalen Materialien, in denen zur Erfassung von Zustandsänderungen sowie zur autonomen Regelung Sensor- und Aktuatorfunktionen hochintegriert sind. Technische Anwendungen finden adaptronische Systeme beispielsweise bei der Mikropositionierung und aktiven Schwingungsdämpfung von Maschinenbaugruppen, wo vorwiegend piezoelektrische Materialien verwendet werden. Auf dem Gebiet der adaptronischen Kompensation thermisch bedingter Verformungen von Werkzeugmaschinenstrukturen gibt es bisher keine wissenschaftlichen Untersuchungen. Aus technischer Sicht sind diese jedoch von besonderer Bedeutung, da ein deutlich geringerer konstruktiver Aufwand für die Verbesserung des thermischen Verhaltens notwendig wäre.

Ein möglicher Ansatz zur thermischen Kompensation mit adaptronischen Systemen besteht in der Nutzung der Kontraktion von kohlefaserverstärkten Kunststoffen (CFK) bei Temperaturerhöhung. Kohlefaserverstärkte Kunststoffe bieten aufgrund ihres geringen thermischen Wärmeausdehnungskoeffizienten ein erhebliches Potenzial hinsichtlich der Verringerung thermisch bedingter Verformungen. Insbesondere bei hochmoduligen Fasertypen HM (high modulus) kann ein negativer Wärmeausdehnungskoeffizient des Laminates von  $-1,1 \mu\text{m}/\text{mK}$  erreicht werden. Durch gezielte Variation der Faserrichtungen und durch Optimierung der Fa-

serverbundstruktur können somit Bauteile mit einer »Nulldehnung« entwickelt werden. Um ein adaptronisches System aus CFK zu erhalten, müssen diese noch mit sensorischen Elementen kombiniert werden.

Ein unmittelbar die Genauigkeit bestimmendes Bauteil an Fräsmaschinen ist der Z-Schlitten mit der Spindelaufnahme, wie in Bild 1 dargestellt. Bei HSC-Maschinen besteht die Bestrebung, diese Baugruppe so leicht wie möglich zu gestalten. Oft wird hier Aluminium eingesetzt, das hinsichtlich der Verlagerungen am Z-Schlitten ein ungünstiges thermisches Verhalten bewirkt. Durch die Kombination der Werkstoffe Aluminium und CFK kann jedoch die positive Ausdehnung des Aluminiumwerkstoffes mit Hilfe des negativen Ausdehnungskoeffizienten des kohlefaserverstärkten Kunststoffes kompensiert werden.

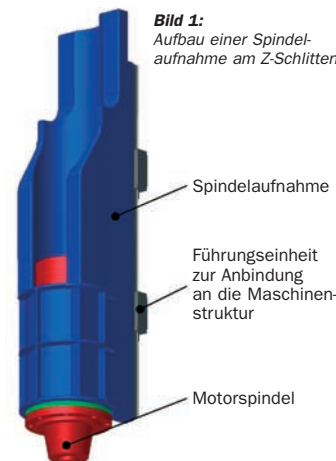


Bild 1: Aufbau einer Spindelaufnahme am Z-Schlitten

Um bei hohen Verlustleistungen eine Kompensation der Verlagerungen zu erreichen, wird eine temperaturabhängige aktive Erwärmung einer unidirektionalen CFK-Bandage um die Spindelaufnahme realisiert. Als Wärmequellen kommen Widerstandsheizungen in Form von strukturintegrierten Patronen oder Folien zur Anwendung. Die temperaturabhängige Schaltung der Heizfolien im Fall der aktiven Kompensation erfolgt mit Temperaturreglern. Da die erforderliche Leistung der Heizfolien von der thermischen Belastung, d. h. von der Temperatur im Spindelbereich abhängig ist, muss die Versorgungsspannung der Heizfolien in Abhängigkeit der gemessenen Temperatur geregelt werden. Mit Hilfe der FEM können die optimalen Leistungen und Schaltparameter der Heizungen bestimmt werden. Im Bild 2 ist der Z-Schlitten einer Fräsmaschine dargestellt, der hinsichtlich des thermischen Verhaltens untersucht wurde. Die Modelle wurden mit einer Heizleistung von 50 W am Aluminium-Grundkörper belastet.

Durch eine unidirektionale Bandage, die um die Aluminium-Grundstruktur gelegt ist, konnte die thermische Steifigkeit mehr als verdoppelt werden (vgl. Bild 2a und b). Die sich kontrahierende, hochsteife CFK-Bandage behindert den Grundkörper an der thermischen Ausdehnung.

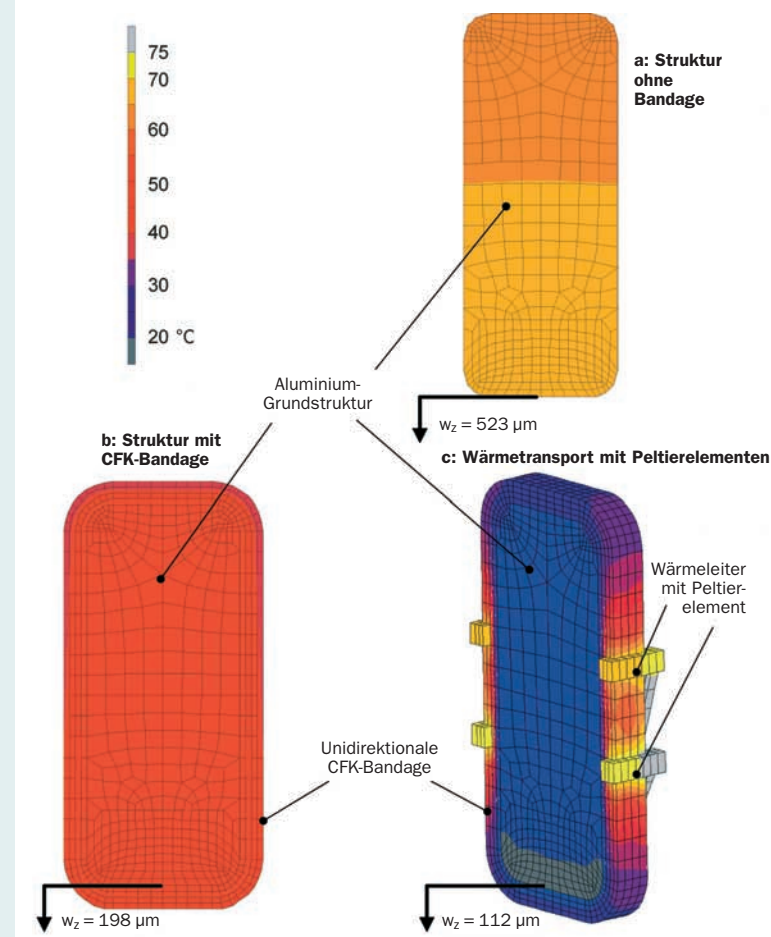


Bild 2: Temperaturfelder und Verlagerungen verschiedener Kompensationsstrukturen am Z-Schlitten einer Fräsmaschine

Eine weitere Möglichkeit ist die Förderung des Wärmestroms durch Wärmeleiter, unterstützt durch Peltierelemente. Hier wird die in der Aluminium-Grundstruktur entstehende Wärme gezielt in die längs zur Verlagerungsachse liegenden Bereiche der CFK-Bandage geleitet (Bild 2c). Es ist so möglich, die Verlagerung in Z-Richtung um 80 % zu reduzieren. Aktuell wird im Rahmen des SPP 1186 die Wirkungsweise einer Kompensationsstruktur auf die Spindelaufnahme einer Fräsmaschine mit Hilfe der FEM untersucht. Mit dem Ziel einen Z-Schlitten mit aktiver Wärmeleitung von der Spindelaufnahme in die CFK-Bandage zu realisieren, forschen Wissenschaftler am IWF an zwei Konzepten (Bild 3). Bild 3a zeigt das Konzept der Wärmeleitung aus den Bereichen der Motorspindel in die im Randbereich liegende CFK-Bandage mittels Kupfer-

elementen. In Abhängigkeit der induzierten Wärmeverlustleistung der Motorspindel wird der Wärmestrom durch Peltierelemente gefördert. Ein weiterer Lösungsansatz ist die temperaturabhängige Beheizung der CFK-Bandage durch Heizpatronen oder Heizfolien (vgl. Bild 3b). Vorteil dieser Lösung ist die Möglichkeit der stärkeren Erwärmung der Bandage aufgrund der weitgehenden Unabhängigkeit von der verfügbaren Wärmeverlustleistung. Hier ist eine deutlich bessere Wirkungsweise zu erwarten. Die anfallende Wärmeverlustleistung wird passiv über Kupferelemente an die Umgebung abgeführt.

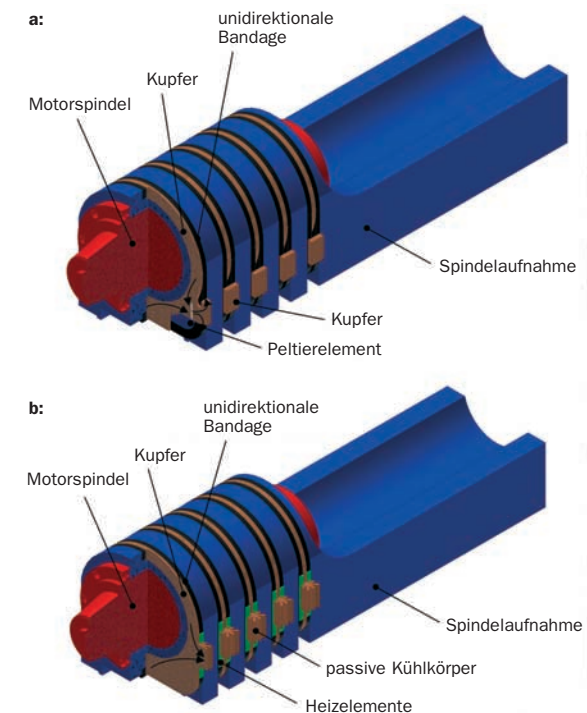


Bild 3: Konzept einer adaptronisch wirkenden Spindelaufnahme mit Peltierelementen (a) und Heizelementen (b)

**Adaptronics in Machine Tools**  
 Adaptronic systems consist of multifunctional materials, in which sensor and actuator functions are integrated in such a way that it is possible to record changes of states and to perform stand-alone control processes. Adaptronic systems are found in micro positioning and in active shock absorption of machine components in which piezo-electric materials have been used predominantly. Adaptronic compensations of structural machine tool deformations that are caused thermally have not really been investigated yet. From a technical point of view such compensations would be highly significant, because only a comparatively small design effort is necessary to improve the overall thermal behaviour.

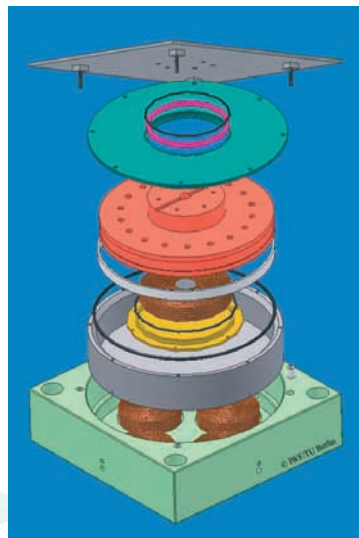
# Intelligente magnetofluidische Dämpfer



**Die Funktion von Produktionssystemen sowie Werkzeugmaschinen basiert auf der Transformation von Energie, Information und Materialien. Dabei können dynamische Störgrößen auftreten, die das technische System oder dessen Umgebung negativ beeinflussen. Wenn das Auftreten dynamischer Störgrößen nicht vermieden oder deren Auswirkungen verringert werden können, müssen die auftretenden Energien absorbiert werden. Die kontrollierte Vernichtung von dynamischer Energie durch Umwandlung in Wärme erfolgt mit Dämpfern. Die aktuell verfügbaren kommerziellen Dämpfungssysteme basieren auf mechanischen, pneumatischen oder hydraulischen Prinzipien, in denen Reibungswärme erzeugt wird. Dabei müssen Dämpfungssysteme spezifische Anforderungen der Anwender hinsichtlich des Frequenzbereichs sowie des Dämpfungsmaßes berücksichtigen.**

## ► Stabile magnetische Flüssigkeiten für Dämpfer

Magnetische Flüssigkeiten enthalten fein verteilte magnetische oder magnetisierbare Teilchen, deren Durchmesser wenige Mikrometer groß ist. Damit diese Teilchen sich nicht miteinander verbinden und verklumpen, ist deren Oberfläche speziell beschichtet. Sie werden in technischen Systemen zur Kühlung oder Dichtung sowie in der Medizin zur Krebsbehandlung eingesetzt. Durch angelegte externe Magnetfelder kann die Viskosität der magnetischen Flüssigkeit variiert werden.



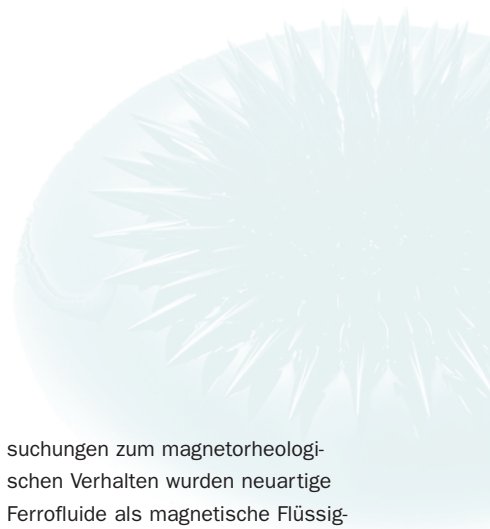
Freie Oberfläche einer magnetischen Flüssigkeit im Magnetfeld

Aufgrund dieser Eigenschaft werden solche magnetischen Flüssigkeiten als magnetorheologische Flüssigkeiten (MRF) bezeichnet. Eine wichtige Voraussetzung für den Einsatz in technischen Systemen ist, dass die Flüssigkeit über längere Zeiträume stabil bleibt und nicht sedimentiert. Am Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb (IWF) der TU Berlin wurde ein Messsystem entwickelt, mit dem die magnetorheologischen Eigenschaften sowohl für Grundlagenforschungen als auch für technische Anwendungen untersucht werden können. Die Variabilität der Viskosität magnetischer Flüssigkeiten ist insbesondere in Dämpfern oder Dämpfungssystemen ein neuer Aspekt, der dem Dämpfer zusätzlich eine adaptive Charakteristik implementiert. Basierend auf den Unter-

suchungen zum magnetorheologischen Verhalten wurden neuartige Ferrofluide als magnetische Flüssigkeiten für Dämpfer identifiziert. Diese sind aufgrund der sehr geringen Partikelgröße im Bereich weniger Nanometer deutlich stabiler als die konventionellen MRF, wobei die Viskositätsänderung mit Kobaltpartikeln auch in kürzeren Zeiträumen erfolgt. Die FuE-Arbeiten wurden im Rahmen des Projekts »Magnetofluidische Feinstpositioniersysteme« durchgeführt und von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) im interdisziplinären Schwerpunktprogramm SPP 1104 »Kolloidale magnetische Flüssigkeiten: Grundlagen, Entwicklung und Anwendung neuartiger Ferrofluide« gefördert.

## ► Magnetofluidische Dämpfungssysteme

Die am IWF entwickelten Anwendungen magnetischer Flüssigkeiten, wie zum Beispiel Positioniersysteme, verfügen über eine integrierte magnetofluidische Dämpfung, die richtungsunabhängig wirkt. Die Dämpfung durch viskose Reibung der magnetischen Flüssigkeit erfolgt an engen Spalten, an denen die angelegte Magnetfeldstärke mit isolierten Elektrosolen variiert wird. Dabei zielen die Optimierungsmaßnahmen sowohl auf die konstruktive Gestaltung des Dämpfungssystems sowie auf die Wechselwirkungen zwischen variablem Magnetfeld und resultierender Dämpfungskraft ab.



Adaptiver Dämpfer mit magnetischen Flüssigkeiten

Diese Dämpfungskraft ist abhängig von der Sättigungsmagnetisierung der verwendeten magnetischen Flüssigkeit und der Stärke des angelegten Magnetfeldes. Die Dämpfung kann in einem weiten Bereich variiert werden, sodass die magnetische Flüssigkeit den Dämpfungskolben innerhalb der magnetischen Flüssigkeit in einem Gleichgewichtszustand fixieren kann. Aufgrund der noch sehr hohen Investitionskosten für Ferrofluide wurden experimentelle Untersuchungen zunächst an miniaturisierten Laboraufbauten durchgeführt. Die erzielten Dämpfungskräfte waren daher für geringe Belastungen geeignet, sodass bewegte Teile mit angepassten Ringmagneten berührungslos abgedichtet wurden, um unbeabsichtigte Reibungskräfte zu minimieren. Basierend auf den am Laboraufbau erzielten Ergebnissen wurden am IWF weitere Konzepte für magnetofluidische Dämpfungssysteme entwickelt, bei denen der Einfluss der magnetischen Flüssigkeit auf das Magnetfeld mit Sensoren gemessen wird, um das Dämpfungsverhalten und die Ausgangsposition des Dämpfungskolbens zu regeln. Diese neuartigen magnetofluidischen Dämpfungssysteme ergänzen und erweitern das Anwendungsspektrum bestehender konventionel-

ler Dämpfer auf der Basis von MRF. Potenzielle Anwendungsgebiete sind vor allem in der Mikrotechnologie, der Handhabungstechnik, der Fahrzeugtechnik oder der Luft- und Raumfahrttechnik gegeben. Hier kann die Dämpfungscharakteristik automatisch an die sich ändernden Anforderungen und Randbedingungen verschiedener Anwendungen optimal angepasst und gleichzeitig können Störungen kompensiert werden.



◀ Prototyp eines Positioniersystems mit adaptiver magnetofluidischer Dämpfung in beide Richtungen

## ► Intelligent Magneto-fluidic Dampers

The basic function of production systems and machine tools is to transform energy, information and materials. During the transformation there can be dynamic disturbances, which influence the technical system or its environment negatively. If the occurrence of such disturbances or their effects cannot be avoided, the emerging energies have to be absorbed. Dynamic energy can be destroyed by transforming it into heat using dampers. Currently available commercial systems are based on mechanical, pneumatic or hydraulic principles, which all create friction heat. Damping systems have to comply to specific requirements regarding the frequency range and the attenuation factor.

## ► Ihr Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Nayim Bayat  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 14 - 2 17 91  
Fax: +49 (0) 30 / 3 14 - 2 44 56  
E-Mail: bayat@iwf.tu-berlin.de

### Ihr Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Philipp Marcks  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 14 – 2 44 56  
Fax: +49 (0) 30 / 3 14 – 2 44 56  
E-Mail: marcks@iwf.tu-berlin.de

# Auslegung und Simulation für Rückhaltesysteme der Werkzeugmaschinen



Die heute verwendeten Technologien im Werkzeugmaschinenbau und insbesondere der stetig wachsende Anteil der HSC-Bearbeitung führen dazu, dass die normativen Prüfbedingungen nicht länger ausreichen, um die Komponenten trennender Schutzeinrichtungen für reale Schadensfälle rückhaltesicher zu testen. Um die weiterhin steigenden Anforderungen an die Aufprallfestigkeit von Materialien trennender Schutzeinrichtungen zu erfüllen, ist es nötig, die bestehenden Ansätze der FEM-Aufprallsimulation um FE-Modelle hochaufprallfester Schutzsysteme für Energien von über 8 000 Nm zu ergänzen. Der Aufbau und die experimentelle Untersuchung von Schutzkonzepten für den Aufprall hoher Projektillmassen ist deshalb dringend erforderlich. Mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode wurde am IWF ein Modell entwickelt, welches die Simulation der Aufprallprüfungen ermöglicht.

### FEM-Modell zur Prüfung der Sichtscheibenaufbauten

Am IWF Berlin werden zur Beurteilung der Rückhaltefähigkeit ausgewählter hochaufprallfester Werkstoffe Finite-Elemente-Analysen durchgeführt. Bild 1 zeigt ein Modell, welches eine Aufprallprüfung angelehnt an die Prüfnorm DIN EN 12415 mit einer Projektillmasse von 8 kg abbildet. Für die Abbildung der Aufprallprüfungen durch die Finite-Elemente-Simulation müssen zunächst alle Randbedingungen und Materialkennwerte definiert werden. Dies erfolgt direkt in der Software und über die Implementierung experimentell ermittelter, dehnratenabhängiger Fließkurven in das FEM-System. Durch die Simula-

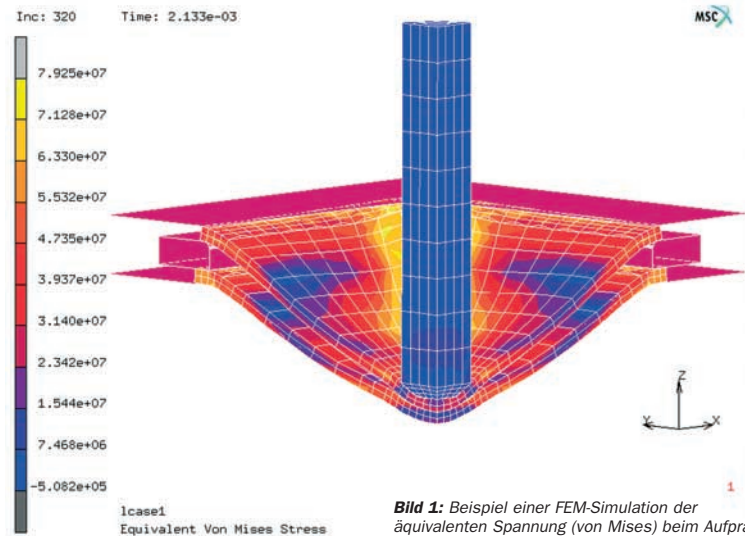


Bild 1: Beispiel einer FEM-Simulation der äquivalenten Spannung (von Mises) beim Aufprall

tion können die Sichtscheibenkonstruktionen parametrisch variiert werden, wobei Anzahl und Dicke der Scheiben aber auch der Abstand zueinander bzw. das Material des Abstandshalters analysiert werden. Die Verifikation der Simulationsergebnisse erfolgt mittels realer Aufprallprüfungen. Mit Hilfe der FEM-Simulation lassen sich gezielt einzelne Konstruktionsausprägungen darstellen und bewerten.

### Vergleich der simulierten und experimentellen Ergebnisse

Da die Erstellung des FEM-Modells ständiger Optimierung bedarf und nicht ohne Orientierung an realen Experimenten erfolgen kann, wurde diese parallel zu den realen Aufprallprüfungen durchgeführt.

Der Vergleich der Ergebnisse verdeutlicht, dass beide derselben Tendenz folgen. Hierbei ist eine über

den Gesamtbereich aller Prüfungen auftretende, geringe Abweichung zu erkennen.

Die durch die Simulation ermittelten kritischen Geschwindigkeiten besitzen für den Aufbau aus zwei 12 mm PC-Scheiben eine Abweichung von den experimentellen Ergebnissen von weniger als 2 %. Die durchgeführten Simulationen erreichen somit sehr genaue Ergebnisse.

Die höchsten Abweichungen zwischen realen, experimentellen und simulativen Ergebnissen treten für den Fall der Aufprallprüfung mit dem 5 kg-Projektill bei der Beurteilung von Aufbauten aus zwei 10 mm Polycarbonatscheiben auf. Hierbei liegt die maximale Abweichung der Ergebnisse bei etwa 8 % (7,984 %). Die qualitative Aussage über eine ideale Distanz ist demnächst identisch mit den experimentellen Ergebnissen (Bild 2).

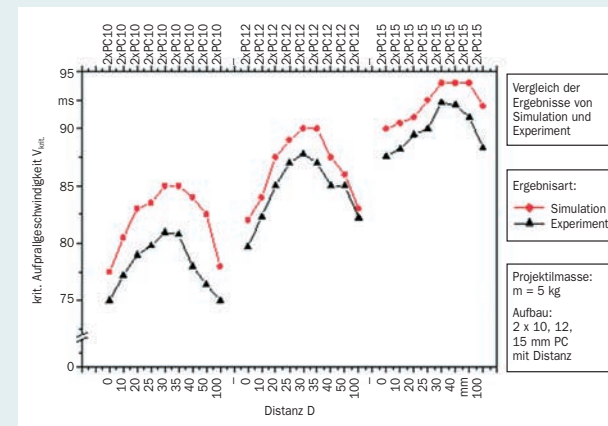


Bild 2: Vergleich der Ergebnisse von Experiment und Simulation, 5 kg-Projektill

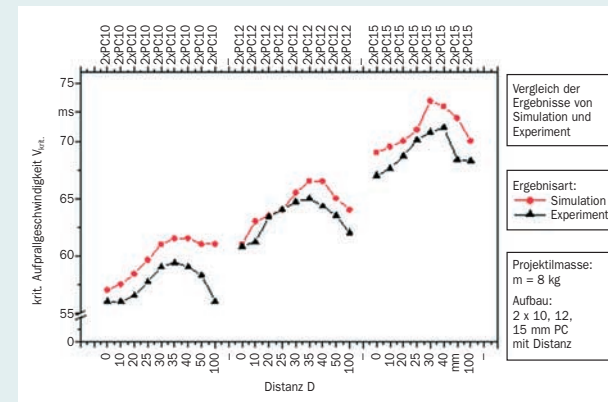


Bild 3: Vergleich der Ergebnisse von Experiment und Simulation, 8 kg-Projektill

Ein wichtiger Grund für die Abweichungen der Ergebnisse liegt, wie bei allen FEM-Berechnungsansätzen, in den Abweichungen der Materialkennwerte, die insbesondere bei Polymeren wie Polycarbonat produktionsbedingten Schwankungen unterworfen sind. Daraus resultieren zum Teil deutliche Unterschiede zwischen den für die Entwicklung der Materialeigenschaften analysierten und den mittels Aufprallprüfungen getesteten Werkstoffen.

Die Beurteilung des Vergleichs zwischen Simulation und Experiment unter Verwendung des 8 kg – Projektills liefert vergleichbare Ergebnisse (Bild 3). Die maximale Abweichung beträgt hierbei weniger als 9 % (8,93 %).

Auffällig bei dem Vergleich der Ergebnisse des 8 kg-Projektills ist eine leichte Verschiebung des Punktes für die ideale Distanz. Für die Aufbauten mit Polycarbonatscheiben der Dicke 10 mm und 12 mm sind jeweils zwei Distanzen ideal. In beiden Fällen sind dies 35 mm sowie 40 mm. Die experimentell ermittelte

ideale Distanz liegt in beiden Fällen bei 35 mm, sodass auch hier eine Übereinstimmung zwischen Simulation und Experiment vorliegt. Einzig der Vergleich der Ergebnisse für Aufbauten mit 15 mm Polycarbonat zeigt einen Unterschied zwischen Simulation und Experiment. Hierbei tritt die ideale Distanz im Falle der FEM-Simulation bei 30 mm, im Falle der realen Aufprallprüfungen bei 40 mm auf. Die Auftreffgeschwindigkeitsunterschiede sind mit 70,8 m/s und 71,2 m/s jedoch vernachlässigbar gering.

### Zusammenfassung

Werkzeugmaschinenumhausungen sind heute eine wichtige Größe im Konstruktionsprozess. Insbesondere die beim Einsatz von Hochgeschwindigkeits-Werkzeugmaschinen auftretenden Aufprallgeschwindigkeiten und -energien stellen ein großes Gefahrenpotenzial dar. Um die Auslegung für diese sicherheitskritischen Bauteile zukünftig zu erleichtern, bietet sich die Nutzung der FEM-Simulation an.

### Simulation in Designing Machineguard Components

The safety of machine tools is an issue of constantly rising importance for machine tool manufacturers as well as users. This is especially true for HSC and HPC machine tools. Although the use of FEA in the construction process of machine tools is best practice, the analysis of the impact strength of machineguard components is not yet commonly considered today. At the Institute for Machine Tools and Factory Management of the University of Technology Berlin we have developed a FEA for impact tests to represent a tool that allows us to analyse the ability of the machineguard-windows to resist any arising hazards. The results stated in this article clearly show a dependency of the resisting ability on the constructive design of the safety-windows in question as machineguards. Therefore, the use of this tool enables the manufacturers of machine tools to optimize their constructions in terms of safety requirements.

## Ihr Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Eric Wiemann  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 14 - 7 93 44  
Fax: +49 (0) 30 / 3 14 - 2 58 95  
E-Mail: wiemann@iwf.tu-berlin.de

# Werkzeugbeschichtungen aus kubischem Bornitrid (cBN) für die HSC-Bearbeitung



Die Abscheidung superharter Werkzeugbeschichtungen aus kubischem Bornitrid auf Zerspanungswerkzeugen birgt enorme Potenziale, da auf diese Weise das nach dem Diamanten härteste Material eine hohe geometrische Flexibilität verliehen bekommt. Dadurch können Bearbeitungsstrategien wie das »High Speed Cutting« (HSC) noch umfangreicher eingesetzt und somit wichtige Wettbewerbsvorteile, wie beispielsweise geringe Durchlaufzeiten und Fertigungskosten, erzielt werden. Zurzeit sind die sehr leistungsfähigen gesinterten polykristallinen cBN-Schneideinsätze (PCBN) lediglich in Form einfacher Plättchen mit ebenen Spanflächen erhältlich. Eine Beeinträchtigung der Bauteilqualität ist eine häufige Folge der hohen auftretenden Kräfte und des unzureichenden Spanbruchs. Zudem sind sowohl die Synthetisierung der cBN-Kristalle als auch die weiteren Produktionsschritte zur Herstellung der Werkzeuge kostenintensiv. Wendeschneidplatten bzw. Vollhartmetallwerkzeuge mit cBN-Beschichtung hingegen könnten zu einem vergleichsweise geringen Preis geometrisch optimiert auf die jeweilige Bearbeitungsaufgabe ausgerichtet werden.

## Nachgewiesene Leistungsfähigkeit beim Drehen

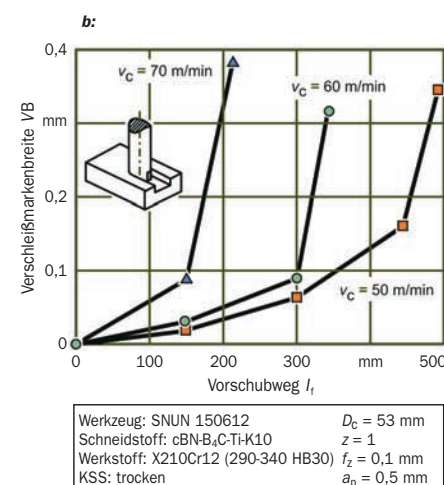
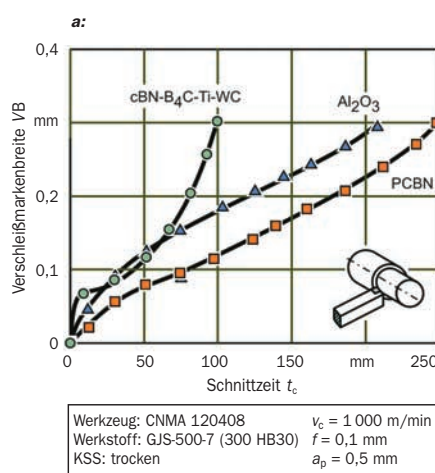
Das größte Problem bei den bisherigen Versuchen zur Abscheidung von cBN-Beschichtungen in einer für technologische Anwendungen relevanten Dicke ist die geringe Schichthaftung aufgrund hoher intrinsischer Spannungen. Nachdem dieses Pro-

blem in den letzten Jahren hauptsächlich durch den Einsatz von Gradientenschichten gelöst wurde, konnte nun auch die Eignung von cBN-Beschichtungen auf Drehwerkzeugen für die Zerspanung von unlegierten, legierten und gehärteten Stählen sowie Gusseisen- und Nickelbasislegierungen im kontinuierlichen Schnitt nachgewiesen werden. Als Beispiel hierfür ist in Bild 1a der zeitliche Verschleißfortschritt beim Drehen von Gusseisen mit Kugelgraphit bei einer Schnittgeschwindigkeit von 1 000 m/min dargestellt. Hier zeigt sich, dass die Verschleißmarkenbreite des cBN-beschichteten Werkzeugs zunächst ähnlich langsam wächst wie bei teuren Oxidkeramiken oder PCBN-Werkzeugen. Erst nachdem die schützende cBN-Deckschicht durchbrochen ist, steigt die Verschleißgeschwindigkeit deutlich an. Trotzdem beträgt die nutzbare Bearbeitungszeit ca. 40 % der Standzeit des gesinterten Werkzeugs, sodass ein Fertigungskostenvergleich bereits zu diesem Zeitpunkt der Entwicklung Vorteile der cBN-Beschichtung erkennen lässt.

## cBN-B<sub>4</sub>C-Beschichtungen erstmals im Fräsversuch

Derzeit befasst sich die Forschung mit der Bewertung der Leistungsfähigkeit des Schichtsystems im unterbrochenen Schnitt. Im Rahmen des von der Fraunhofer-Gesellschaft geförderten Projekts »Superharte

**Bild 1:** Spanen mit cBN-beschichteten Wendeschneidplatten: Verschleißmarkenbreite in Abhängigkeit der Schnittzeit für verschiedene Schneidstoffe beim Drehen (a) und Verschleißmarkenbreite in Abhängigkeit des Vorschubwegs für verschiedene Schnittgeschwindigkeiten beim Fräsen (b)



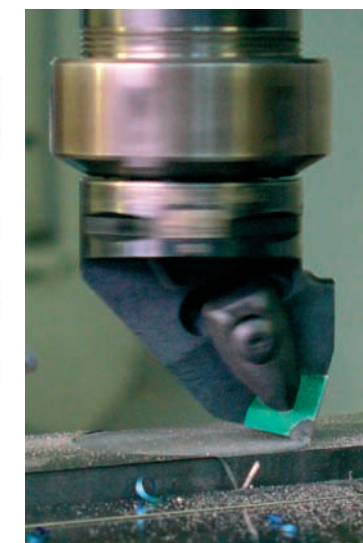
borbasierte Beschichtungen auf Zerspanungswerkzeugen für die Fräsbearbeitung (BorMill) arbeiten das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik (IST) in Braunschweig, das Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Sinterwerkstoffe (IKTS) in Dresden und das Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK) in Berlin gemeinsam an der Weiterentwicklung des cBN-Schichtsystems sowie an der Optimierung der Hartmetallsubstrate und der Bearbeitungsparameter für die Fräsbearbeitung.

In den weltweit ersten Fräsversuchen mit cBN-beschichteten Hartmetallwerkzeugen wurde ein Zerspanungs-

geschwindigkeit präzisionsfräsmaschine 10 V HSC der Firma Mikromat gekoppelt wurde (Bild 2). Als Versuchswerkstoff wurde der hochlegierte Werkzeugstahl X210Cr12 mit einer Härte von 290 HB30 bis 340 HB30 ausgewählt. Da die cBN-Beschichtungen besonders für die Trockenbearbeitung geeignet sind, fanden alle Versuche ohne den Einsatz von Kühlschmierstoffen statt.

Bild 1b zeigt die zeitliche Entwicklung der Verschleißmarkenbreite beim Fräsen mit den Schnittgeschwindigkeiten  $v_c = 50$  m/min, 60 m/min und 70 m/min. Als Standkriterium wurde eine allgemein übliche, maximale Verschleißmarkenbreite von 0,3 mm festgelegt. Erwartungsge-

mäß resultiert die geringste Schnittgeschwindigkeit in dem höchsten Standweg und umgekehrt. Entscheidend ist jedoch, dass bei keinem Versuch großflächige Schichtabplatzungen auftraten, sondern sich ein gleichmäßig voranschreitender Freiflächenverschleiß ausbildete. Bei der Einstellung  $v_c = 50$  m/min weist das unbeschichtete Hartmetall bereits nach dem Fräsen einer Bahn von 150 mm Länge drastische Schneidstoffausbrüche auf, sodass von einer hohen Standzeit verlängernden



**Bild 2:** Harfräsen mit einer cBN-B<sub>4</sub>C-beschichteten Wendeschneidplatte

Wirkung des Schichtsystems ausgegangen werden kann.

## Fazit

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass hochharte Werkzeugbeschichtungen mit kubischem Bornitrid mittlerweile für Zerspanoperationen sowohl im unterbrochenen als auch im kontinuierlichen Schnitt geeignet sind. Während beim Drehprozess bereits eine gute Wirtschaftlichkeit erreicht wird, wurde kürzlich in den weltweit ersten Zerspanversuchen im unterbrochenen Schnitt die prinzipielle Möglichkeit zum Fräsen gehärteter Stähle nachgewiesen. In den laufenden Untersuchungen wird neben der Erhöhung der Deckschicht-

## Tools Made of Cubic Boron Nitride (cBN)

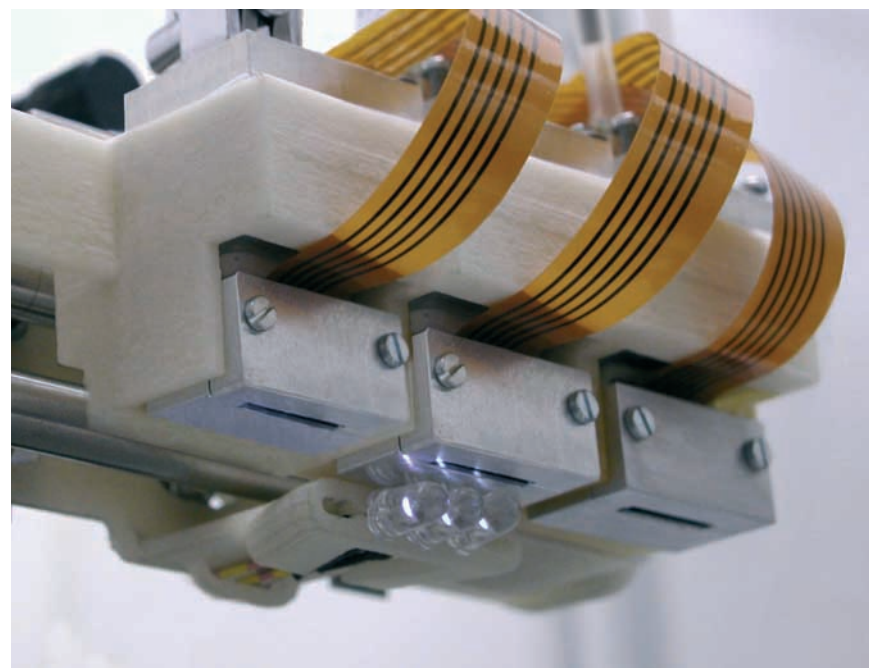
The deposition of superhard tool coatings consisting of cubic boron nitride (cBN) on cutting tools has a huge economic potential, because the second hardest material to be found can now feature a very flexible geometry. Efficient machining strategies such as high speed cutting (HSC) can be implemented even more effectively. As a result, competitive advantages can be gained by reducing throughput time and manufacturing costs.

Today, cBN tool coatings have been tested for machining under continuous as well as interrupted cutting conditions. Turning operations can already be carried out efficiently. Recent experiments have proven in principle the capability of cBN coatings to be used in milling hardened steels. The objective of our current investigations is to substitute the Ti interlayer with a more adhesive TiN layer in addition to increasing the cBN film thickness, so that products can be machined faster and more profitable in the future.

dicke ein Übergang von der Ti-Zwischenschicht zu einer TiN-Schicht mit besseren Haftungseigenschaften angestrebt, um künftig noch schneller und wirtschaftlicher spanend bearbeiten zu können.

## Gradierte Werkstoffeigenschaften – eine Herausforderung für die Fertigungstechnik

Die Integration vielfältiger Funktionen in einem Bauteil oder in einer Baugruppe nimmt im Zuge der Miniaturisierung von technischen Produkten aber auch im Rahmen der Verkürzung von Produktherstellungszeiten sowie vor dem Hintergrund der Ressourcenschonung stetig zu. Die geforderte hohe Funktionalität führt häufig zu chemisch-physikalischen Anforderungen, die von einem Werkstoff allein nicht erfüllt werden können. Unter Einsatz innovativer Hochleistungswerkstoffe gelangen in einigen Fällen Kompromisse. Häufig reicht jedoch auch das Eigenschaftsspektrum dieser Werkstoffe nicht aus, um allen Anforderungen zu genügen. Daher kommen sogenannte Verbundwerkstoffe zum Einsatz, welche die gewünschten Eigenschaften miteinander kombinieren sollen. Der Schichtverbund bringt seinerseits aufgrund der unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften der einzelnen Werkstoffe ebenfalls Nachteile mit sich. Eine Alternative könnten Gradientenwerkstoffe bzw. Werkstoffe mit gradierten Eigenschaften bieten, sofern aus fertigungstechnischer Sicht kontinuierliche Eigenschaftsübergänge überhaupt realisierbar sind. Einen ganz neuen Ansatz bieten an dieser Stelle die generativen Fertigungsverfahren.

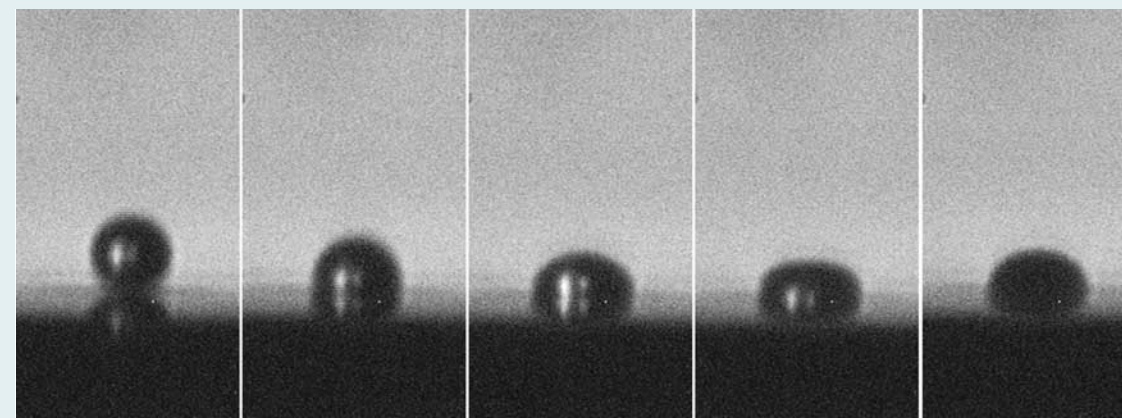


3D Drucken: Druckkopf

### ► Anwendungen

Der Bedarf an leistungsfähigen Produkten und erhöhter Funktionalität bilden eine treibende Kraft bei der Entwicklung neuer Werkstoffe. Ebenso das Interesse an ökologischen und ökonomischen Aspekten im Sinne des Leichtbaus und der damit einhergehenden Energieeinsparung. Seit einigen Jahren werden zunehmend neue Einsatzbereiche für die sogenannten Verbundwerkstoffe erschlossen, welche erhebliche Vorteile gegenüber konventionellen Werkstoffen aufweisen.

Nicht nur in der Luft- und Raumfahrt sondern mittlerweile auch im Maschinen- und Anlagenbau haben diese Werkstoffe Einzug gehalten. Typische Vertreter sind die Glas- bzw. die Kohlefaser-Verbundwerkstoffe. Vielfältige Kombinationen und Konfigurationen leistungsfähiger Matrix- und Fasermaterialien werden zur Weiterentwicklung hochwertiger verstärkter und gefüllter Verbundwerkstoffe untersucht. Die Integration unterschiedlicher Funktionalitäten in einem Bauteil kann durch Einsätze, z. B. von Dichtungen, realisiert werden. Diese stellen jedoch immer



3D Drucken: Tropfenausstoß

eine Inhomogenität dar und führen bei mechanischer Belastung häufig zu Problemen. Daher liegt der Wunsch nahe, Verbundwerkstoffe zu schaffen, bei denen abrupte Übergänge zwischen den verschiedenartigen Phasen vermieden werden. Auf diese Weise entstehen Materialien mit kontinuierlichen Eigenschaftsprofilen, die sich gezielt für bestimmte Anwendungen konfektionieren lassen. Werkstoffe oder Werkstoffverbünde mit flexibel auslegbaren Werkstoffeigenschaften werden daher als Gradientenwerkstoffe bzw. als Werkstoffe mit gradierten Eigenschaften bezeichnet.

### ► Werkstofftechnologie

Gradientenwerkstoffe umfassen Materialien, bei denen gezielt ein heterogener Gefügebau eingestellt wird. Entlang des Werkstoffquerschnitts sollen ein oder mehrere Gradienten eine deutliche Änderung in chemischer bzw. physikalischer Struktur bzw. der Porosität oder Korngröße aufweisen. Dieser Gradient soll vorrangig den aktiven Bereich des Werkstückes abdecken und die Eigenschaften wesentlich bestimmen. Entlang des Gradienten sollen sich die Werkstoffeigenschaften möglichst stufenlos ändern beziehungsweise während des Herstellungsprozesses einstellen lassen. Als Materialklassen werden sowohl Metalle als auch Keramiken und

am Produktionstechnischen Zentrum Berlin insbesondere die Polymere in Betracht gezogen.

Einfache Gradienten in Form von Stoffkonzentrationen oder im Bereich des Mikrogefüges der Werkstücke werden bereits seit langem genutzt, z. B. die Kohlenstoffprofile in der Randschicht von Stählen. Weitere technologische Vorläufer gibt es außerdem in der Halbleitertechnik wie bei Dotierungsverteilungen oder in der Lichtleitertechnik. Hierbei wird die ortsabhängige Einstellung des Brechungsindex für eine optimierte Strahlführung genutzt. Die grundlegende Entwicklung von Gradientenwerkstoffen als neuartige Materialklasse ist jedoch erst seit Mitte der achtziger Jahre in den Mittelpunkt des Interesses gerückt. Wesentlich beeinflusst wurde diese Thematik durch das Problem des Hitzeschutzes in der Luft- und Raumfahrt. Ziel der Entwicklungen war die Beherrschung stufenloser Übergänge zwischen keramischen Schutzschichten und tragenden Metallteilen. Bisher kommt es an abrupten Materialübergängen, insbesondere bei thermomechanischer Belastung, zu Spannungsspitzen, die häufig zur Auflösung der Verbindung und zu Ablösungen der keramischen Schicht führen. Diese Problematik ist auch im Bereich der Zerspantechnik bekannt. Hier kommen unterschiedlich

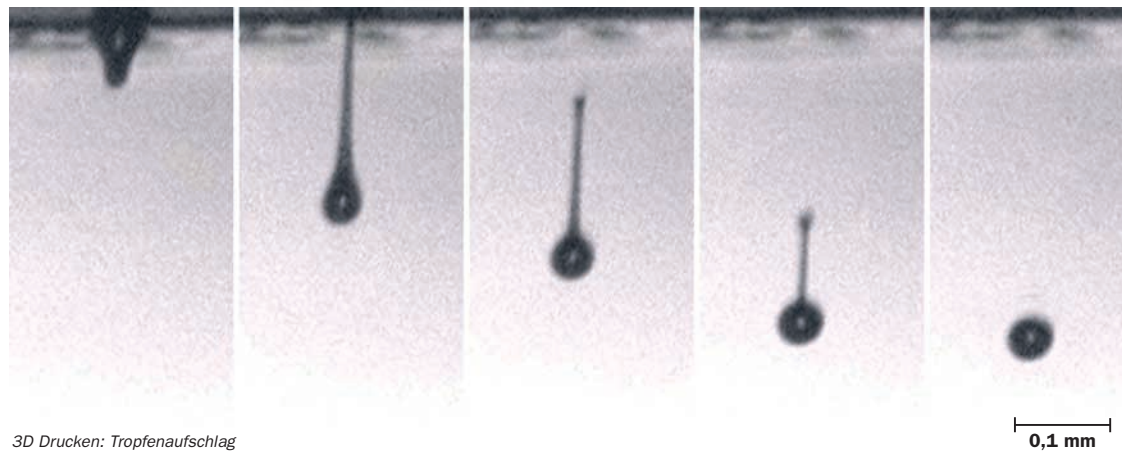
beschichtete Schneidstoffe zum Einsatz, deren Standzeit entscheidend von der Haftfestigkeit der Beschichtung während der Bearbeitung abhängig ist.

### ► Fertigungstechnologie

Ob Verbundwerkstoff oder Schichtsysteme, das Hauptproblem der abrupten Eigenschaftsübergänge zwischen den einzelnen Werkstoffen bleibt nach wie vor bestehen. Daher ist das erklärte Ziel der Gradiententechnologie die Erzeugung beliebiger kontinuierlicher Funktionsprofile, die über das gesamte Bauteilvolumen vorher bestimmbar sind und deren Verlauf optimal auf die beabsichtigte Anwendung zugeschnitten ist.

Auf diese Weise sollen im Prinzip alle erdenklichen Eigenschaften einstellbar sein, z. B. Härte, Bruchzähigkeit, Zugfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Leitfähigkeit oder Magnetisierung. Auch die Vorbereitung bestimmter Bereiche des Bauteils auf eine spätere Weiterverarbeitung gehört zum Spektrum der Möglichkeiten. Bei der Realisierung dieses Ziels denkt man nicht nur an die Variation der chemisch/stofflichen Zusammensetzung, sondern auch an die Modulation von Merkmalen wie Korngröße bzw. -form in polykristallinen Gefügen, Porengröße bzw.

Fortsetzung auf Seite 18



3D Drucken: Tropfenaufschlag

-form in porösen Systemen sowie Fasergehalt bzw. -ausrichtung in kurzfaserverstärkten Werkstoffen.

Derzeit wird versucht die Herstellung von gradierten Werkstoffeigenschaften auf Basis bekannter Prozesstechnologien zu realisieren, welche die Produktion der nahezu stufenlos ineinander übergehenden Strukturen mit variablen Eigenschaften erlauben. Zweckmäßig hierfür erscheinen insbesondere die folgenden Technologien:

- pulvermetallurgische Varianten mit verschiedenen Pulverzuführungssystemen,
- Erstarrung aus einzelnen, gezielt zugeführten Schmelzen,
- physikalische bzw. chemische Abscheidung aus der Gasphase (PVD bzw. CVD),
- Plasmaspritzen,
- galvanische Abscheidung unter Nutzung mehrerer Elektroden,
- mehrdimensionale laserinduzierte Polymerisationsverfahren aus der flüssigen Phase,
- 3D-Drucken unterschiedlicher Werkstoffe und
- schichtweises Auftragen von Pulverwerkstoffen mit lokaler Einbringungen von partikeldotierten Bindern.

Weitere Möglichkeiten zur gezielten Beeinflussung der Eigenschaften sind durch geeignete Folgeverfahren gegeben, z. B. durch nachträgliche Wärmebehandlungen, durch lokale Infiltration oder Bestrahlung.

### ► 3D-Drucktechnologie

Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten scheinen derzeit noch pulvermetallurgische und galvanische Verfahren für eine industrielle Umsetzung geeignet zu sein. Mit diesen gelingt im Laborbetrieb bereits die reproduzierbare Herstellung vorausbestimmbarer eindimensionaler Konzentrationsprofile mit vorgeplanten Eigenschaften. Das gilt nicht nur für Oberflächen, sondern für ganze Bereiche eines Werkstücks. So finden z. B. Zahnräder mit gradierten Gefügen besonderes Interesse, die hohe Härte und Verschleißfestigkeit in den Zähnen mit hoher Zähigkeit in der Nabe verbinden. Damit treten die Gradientenwerkstoffe in einfachen Modifikationen heute bereits in das Prototypenstadium ein. Langfristig könnte sogar die Fertigung gradiert intelligenter Strukturen möglich sein, bei denen Sensor- und Aktorfunktionen punktgenau eingebracht werden können.

Ein weiterer wichtiger Ansatz für die Herstellung von gradierten Werkstoffeigenschaften ist in den generativen Fertigungsverfahren zu finden, welche die Möglichkeit bieten punktuell bzw. in einem Raumelement eine definierte Eigenschaft während der Aufbauphase umzusetzen. Auf dem Gebiet der generativen Fertigungstechnologien stehen heute unterschiedliche Verfahrens- und Wirkprinzipien für den schichtweisen Aufbau von dreidimensionalen Geometrien zur Verfügung. Bei der Entwicklung der einzelnen Verfahren wurden bisher jedoch häufig die zu verarbeitenden Werkstoffe speziell konfektioniert, sodass nur ein sehr eingeschränktes Werkstoff- und damit Eigenschaftsspektrum zur Verfügung steht. Hinzu kommt, dass der Einsatz mehrerer und unterschiedlicher Werkstoffe während eines Bauprozesses technologisch selten möglich ist. Um variable Werkstoffeigenschaften realisieren zu können, müssen die generativen Verfahren die Werkstoffe prinzipbedingt lokal auftragen. Daher eignen sich zur Umsetzung von Gradienten nur sehr wenige Verfahren, wie zum Beispiel das 3D-Drucken. Bei diesem Verfahren wird der Werkstückwerkstoff lokal und tröpfchenweise aufgetragen. Damit besteht die Mög-

lichkeit Werkstoffe mit unterschiedlichen Eigenschaften nebeneinander abzulegen oder punktuell zu mischen. Dieses Verfahren wird heute erfolgreich in den sogenannten Farb-Inkjet-Drucken angewandt, mit dem Unterschied, dass diese Systeme nur jeweils eine Schicht drucken.

### ► Entwicklung, Perspektiven

Am Produktionstechnischen Zentrum Berlin wurde dieses Prinzip aufgegriffen und zu einer neuen Generation von generativen Fertigungsverfahren weiterentwickelt. Kernpunkt der bisherigen Arbeiten war es, den Nachweis zu erbringen, dass auf Basis eines mehrkomponentigen polymeren Werkstoffsystems sich stufenlos ein sehr großes Spektrum an Werkstoffeigenschaften realisieren lassen. Die unterschiedlichen Eigenschaften können nicht nur von Bauebene zu Bauebene variiert werden, sondern auch innerhalb einer Ebene ebenso wie über das gesamte Bauteil. Damit ist es gelungen eine Fertigungstechnologie zu schaffen, die es ermöglicht Eigenschaftsgradienten innerhalb eines Bauteils definiert zu realisieren, wobei die Ausrichtung und die Ausprägung der Gradierung nahezu beliebig eingestellt werden können. Die mit dieser Technologie realisierbaren Werkstoffeigenschaften reichen von sprödhart bis gummielastisch und der Übergang von einer

Eigenschaft zur Nächsten kann dabei kontinuierlich über das gesamte Werkstück oder in einem kleinen Bereich begrenzt realisiert werden. Dies ermöglicht in naher Zukunft die Herstellung von Baugruppen, wie zum Beispiel ein Kfz-Stecker mit Dichtungen, in einem Fertigungsprozess. Für die Herstellung derartig gradierten Werkstoffeigenschaften ist nicht nur die Fertigungstechnologie entscheidend, sondern auch in erheblichem Maße die Konstruktion und Modellierung dieser Bauteile. Daher werden auch entsprechende voxelbasierte Programmiersysteme mit den erforderlichen Schnittstellen entwickelt, um auf Basis der 3D-CAD-Darstellung das Werkstück direkt herstellen zu können.

Aufgrund der bisherigen Entwicklungen und vielversprechenden Forschungsansätze muss den Gradientenwerkstoffen ein beträchtliches wirtschaftliches Potenzial zugesprochen werden. Die wirtschaftliche Herstellung entsprechender Bauteile sollte keine grundsätzlichen Probleme aufwerfen und in absehbarer Zeit verfügbar sein. Die Möglichkeit die Fertigung von ganzen Baugruppen, nicht wie bisher in vielen Einzelschritten verbunden mit der Orientierung, Positionierung und Montage der Einzelteile, sondern in einem Fertigungsprozess, eröffnet gänzlich neue Aspekte für die Fertigungs- und Produktionstechnik der Zukunft.

### ► Gradiated Material Characteristics – A Challenge for Manufacturing

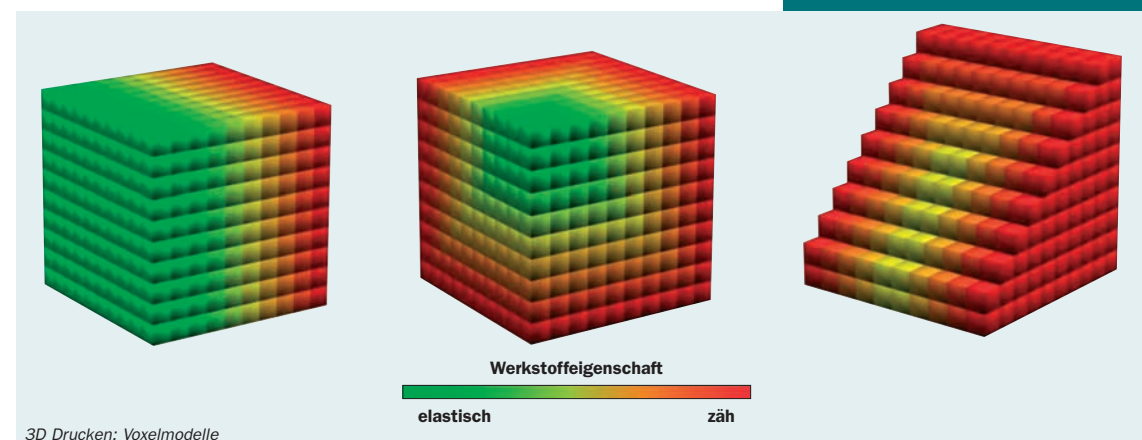
*The attempt to integrate multiple functions into one part or into one component becomes more and more important not only because of the necessity to miniaturize technical products but also because of ever shorter product development times and the need to protect resources.*

*Multiple functionalities often lead to chemical and physical requirements that cannot be found in one material alone. Sometimes it is possible to overcome the difficulties by using innovative high-performance materials, but often the spectrum of characteristics of such materials is not sufficient either to satisfy all expectations.*

*A possible alternative are gradiated materials. Entirely new attempts in this context are generative manufacturing technologies.*

### ► Ihr Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Philip Elsner  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06 – 2 58  
E-Mail: philip.elsner@ipk.fhg.de



3D Drucken: Voxelmodelle

# Condition-Monitoring zur Gewinnung von Informationen aus der Betriebsphase

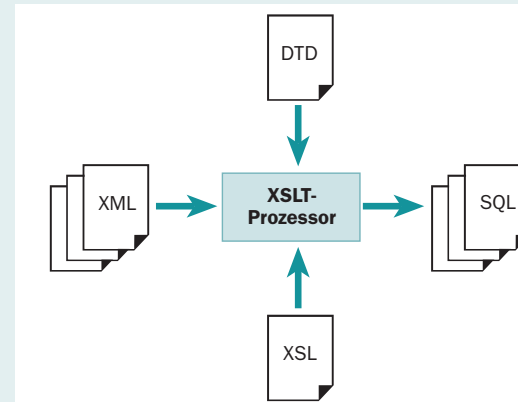
Die markt- und kundengerechte Auslegung von Produktionsmaschinen, als auch die Optimierung der Verfügbarkeit von Maschinen, erfordert Kenntnisse über das Belastungsverhalten der Systeme im Betrieb beim Kunden. Neue Ansätze zur kontinuierlichen Erfassung und Auswertung von Zustandsinformationen der Maschinen liefern dem Hersteller eben dieses Wissen. Die von der Qualitätssicherung geforderten Feedback-Informationen sind damit wichtiger Input für die Konstruktionsabteilung bei der Anforderungsspezifikation und Auslegung zukünftiger Systeme.

Diese Informationen stehen dem Serviceexperten unter gegebenen Voraussetzungen auch via herkömmlichem Teleservice zur Verfügung. Da es sich aber im eigentlichen Sinne um lokale Funktionen handelt, werden die Daten aufgrund der beschränkten Speicherkapazität vorübergehend gehalten und anschließend überschrieben. Darüber hinaus sind hilfreiche Zusatzinformationen, beispielsweise der Vergleich von Ereignissen an Maschinen ähnlichen oder gleichen Bautyps, meist nur schwer zugänglich.

Belastungshistorie von Maschinen schaffen. Um die Datenmenge gering zu halten, wird im Vorfeld eine gründliche Analyse des Informationsgehalts der an der Maschine verfügbaren Daten vorausgesetzt. Unter Umständen kann eine geeignete Vorverarbeitung der Daten auf dem Bedienrechner der Maschine oder auch direkt in der Steuerung notwendig werden. Bei dieser Entscheidung muss abgewogen werden, inwieweit eine lokal an der Maschine stattfindende Vorverarbeitung die Maschinenperformance beeinflusst. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der Grad der Automatisierung beim Sammeln, Übertragen und Ablegen der Daten. Denn mit dem Anteil der benötigten Bedieninformationen wächst auch die Wahrscheinlichkeit, dass die Informationen unvollständig oder schlecht interpretierbar sind.

Während die automatisierte Erfassung von Daten in Logdateien generell keine technische Herausforderung mehr darstellt, ist die Machine-to-Machine Kommunikation, d. h. der Austausch von Informationen zwischen verteilten Anwendungen, aktueller Forschungsstand. In letzter Zeit hat sich XML (Extendable Markup Language) als universelles Datenaustauschformat, insbesondere im Zusammenhang mit dem World Wide Web und Datenbanken, als viel versprechend erwiesen.

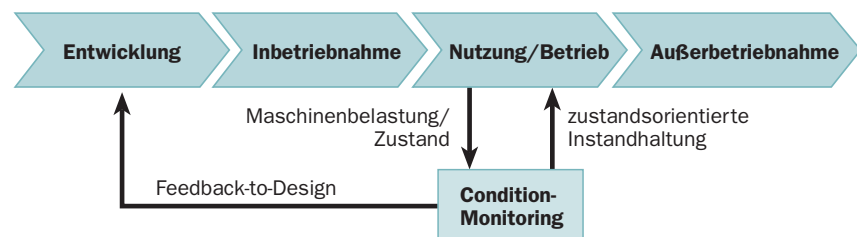
Somit liegt eine auswertbare Erfassung der Ereignishistorie von Maschinen über einen längeren Zeitraum nicht vor. Die vertikale Integration von Maschinen in hierarchisch übergeordnete Systeme wird zwar praktiziert, doch zeigt die Erfahrung, dass die Aufzeichnung von unstrukturierten Informationen lediglich zur Schaffung ressourcenverschlingender Datenfriedhöfe führt. Abhilfe lässt sich mit der Einführung einer zentralen, netzwerkfähigen Datenbank zur Erfassung der



Festlegung des XML-Schemas

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<!DOCTYPE AlarmlogXML SYSTEM "AlarmlogXML.dtd">
<AlarmlogXML>
<Header>
<LogBegin>29-04-2005 8:45:02</LogBegin>
<!-- Version: 1.0 IPK-Geisert 25.04.2005 -->
<UserID>IPK</UserID>
<MachineID>4711</MachineID>
<VersionID plc="1.2.3" hmi="4.5.6" nc="7.8.9" />
</Header>
<Data>
<Datensatz alarmNo="1234" typ="NEW" timestamp="25.04.2005 16:17:47" />
<Datensatz alarmNo="5678" typ="NEW" timestamp="25.04.2005 16:29:01" />
<Datensatz alarmNo="5678" typ="NULL" timestamp="25.04.2005 16:30:13" />
<Datensatz alarmNo="1234" typ="NULL" timestamp="25.04.2005 16:32:29" />
</Data>
<Checksum>DAO5</Checksum>
</AlarmlogXML>
```

Alarmlog im XML-Format



Erzeugen des Datenbankschemas zur strukturierten Erfassung der Maschinenhistorie

### Zustandsinformationen aus der Maschine

Es existieren Mechanismen zur Erfassung und Visualisierung von Daten an CNC-Maschinen, die Maschinenoptimierung, Fehlersuche und Zustandsbestimmung durch das Bedien- und Servicepersonal unterstützen. Zu nennen sind hier insbesondere:

- Alarmlogs,
- Aufzeichnung von Traces von Antriebsstrecken und
- Anzeige des augenblicklichen Status der SPS.

### Daten für die Zustandsbestimmung

Verschleiß von physisch stark beanspruchten Maschinenkomponenten lässt sich nicht vermeiden. Auf Dauer führt wachsender Verschleiß zu einer Verringerung der Funktionsfähigkeit und endet im schlimmsten Fall mit einem Totalausfall der Maschine. Eine genaue Vorhersage des Verschleißverlaufs ist in vielen Fällen kaum möglich, da der physikalische Prozess des Verschleißens in hohem Maße von der Belastungshistorie, also von der Art des Betriebs der Maschine beim Nutzer, abhängt. Um eine exakte Prognose über den Zustand von Verschleißteilen an Werkzeugmaschinen abgeben zu können, ist die lückenlose Betrachtung des Belastungsprofils notwendig. Eine kontinuierliche Erfassung und Speicherung ist nur mit einem unverhältnismäßig hohem technischen Aufwand realisierbar. Eine hinreichend genaue Abschätzung der Bauteilbelastung und damit des Bauteilzustandes lässt sich aber auch anhand vorhandener Daten durchführen. So können an einer CNC-gesteuerten Maschine neben Alarms auch Meldungen generiert werden, die zur Zustandsbestimmung heranziehbar sind. Mit Hilfe eines Protokolls wiederkehrender, Verschleiß verursachender Ereignisse, wie beispielsweise das Schalten einer Haltebremse bei hängenden Maschinenachsen können statistische Aussagen über die voraussichtliche Restlebensdauer dynamisch belasteter Bauteile ge-

troffen werden. Die Identifikation solcher verschleißrelevanter Ereignisse muss in enger Zusammenarbeit mit Maschinenherstellern, Anwendern und Servicetechnikern erfolgen. Zur Untermauerung dieser statistischen Daten können des Weiteren definierte Selbsttests durchgeführt werden. Diese Tests geben Auskunft über den tatsächlichen Zustand, in dem man physikalische Messgrößen, wie Strom, Weg und/oder Drehzahl, erfasst und daraus zustandsbeschreibende Kenngrößen, wie z. B. Reibung, bestimmt. Diese Berechnung erfolgt mittels Identifikationsalgorithmen anhand mathematischer Modelle.

### Kurze Entwicklungszeiten und integrierte Dienstleistung

Kurze Entwicklungszeiten und eine schnelle Markteinführung sind bei Konsumgütern zur Sicherstellung der Wettbewerbsfähigkeit unumgänglich. Dass dabei der Kunde immer häufiger unfreiwillig in die Testphase einbezogen wird, ist mittlerweile in vielen Bereichen üblich. Bei Investitionsgütern, wie es Produktionsmaschinen und -anlagen darstellen, fehlt die Akzeptanz dafür, wobei die Kundenanforderungen bezüglich Preis, Qualität und Leistung gerade hier sehr hoch sind. Um diesen Anforderungen Rechnung zu tragen, werden zum Teil lange Entwicklungs- und Testphasen in Kauf genommen. Die meisten IT-Entwicklungen zur Verkürzung dieser Phasen sind in den Bereichen Design, Konstruktion,

### Condition-Monitoring

A market and customer oriented design of production systems as well as optimizing the availability of machines requires information about the performance of the respective system under live conditions. New approaches at continuously gathering and evaluating performance data of machines via tele-services enable the manufacturer to analyze the load and strain of his machine while in use. Such feedback information is required by quality control and is an important input for specifying further design requirements.

Test und Produktion angesiedelt. Die IT-gestützte Einbeziehung von Informationen aus der Nutzungsphase des Produkts bleibt dabei unberücksichtigt. Eben diese Erkenntnisse sind jedoch in hohem Maße geeignet, den Entwicklungsprozess als Feedback-to-Design zu unterstützen und damit zu beschleunigen. Das über die Zeit erworbene Wissen versetzt den Hersteller in die Lage, die Maschine als Gesamtlösung zu entwickeln, d. h. die Dienstleistungskomponente bereits in die Entwicklungsphase mit einzubeziehen. Sach- und Dienstleistung verschmelzen so zu einem hybriden Leistungsbündel, das die Kundenwünsche in Form einer Komplettlösung erfüllt.

### Ihre Ansprechpartner

Dr.-Ing. Haygazun Hayka  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06 – 2 21  
Fax: +49 (0) 30 / 3 93 02 46  
E-Mail: haygazun.hayka@ipk.fraunhofer.de

Dipl.-Inform. Dirk Langenberg  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06 – 2 19  
Fax: +49 (0) 30 / 3 93 02 46  
E-Mail: dirk.langenberg@ipk.fraunhofer.de

# Grid-Technologie in der Produktentwicklung

Im Grid-Computing sehen Vertreter von IT-Unternehmen und von Forschungseinrichtungen branchenübergreifend die Lösung vieler aktueller IT-Probleme und messen dieser Technologie eine große Bedeutung bei. Grid-Computing hat bereits in Ansätzen Einzug in die Produktentwicklung gehalten. Es gibt jedoch weit mehr Einsatzmöglichkeiten.

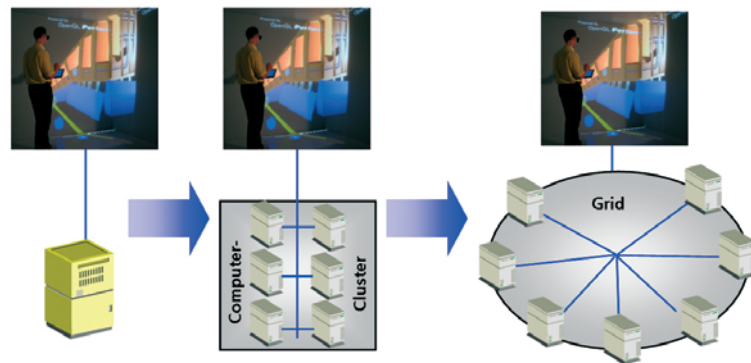


Bild 1: Entwicklungsstufen von Rechen-Grids für Virtual Reality

### Was ist Grid-Computing?

Virtualisierung ist der Schlüsselbegriff zukünftiger Informationssysteme. Im Gegensatz zu den existierenden verteilten Systemen virtualisieren Grid-Systeme der nächsten Generation Daten-, Informations- und Rechendienste, indem sie die technischen Details der konkreten verteilten Realisierung hinter Oberflächen verbergen. Der Ursprung des Begriffes »Grid« verdeutlicht die Sichtweise, dass informationstechnische Ressourcen überall zur Verfügung stehen wie der elektrische Strom im Stromnetz (engl. Power Grid) an jeder Steckdose. Der Nutzer sieht nur die »Steckdose«, aus der er den gewünschten Dienst bezieht, nicht aber die technischen Details, die zur Bereitstellung der Rechen-, Daten- oder Anwendungsleistung erforderlich sind.

Die verbreitetsten Grid-Kategorien sind Rechen-, Daten-, und Anwendungsgrids. Die Rechen-Grids stellen die ursprüngliche Form dar. Aufwändige Berechnungen werden in Einzelteile zerlegt und unter Inanspruchnahme von Rechenleistung

aus dem Grid durchgeführt. Unter Daten-Grid wird die Integration unterschiedlichster datenverwaltender Systeme zur transparenten Versorgung der Nutzer mit Wissen, Informationen und Daten verstanden. Ein Anwendungsgrid soll die Fähigkeit besitzen, aus einem Bestand von existierenden Anwendungen diejenigen auszuwählen und gegebenenfalls zu einem komplexen Anwendungssystem zusammenzustellen, welche die optimale Lösung für ein gegebenes Problem bieten.

### Anwendungsgebiete

Insbesondere Nutzern in KMU eröffnen die Grid-Technologien die Möglichkeit, Anwendungen mit einem hohen Ressourcenbedarf zu nutzen, ohne sie dauerhaft erwerben und administrieren zu müssen. Auf diese Weise können sie aufwändigere Berechnungen durchführen, um die Simulationsergebnisse durch die Berücksichtigung von zusätzlichen Parametern zu verbessern, oder sie verkürzen die Produktentwicklungs-

zeiten, indem sie Berechnungen schneller ausführen. Durch die Inanspruchnahme der Grid-Technologie werden künftig Anwendungsfelder wie Simulation des Gesamtfahrzeugs, Bestimmung des Produktverhaltens in der Digitalen Fabrik und Simulation der mechanischen Systeme erst möglich gemacht. Auch Virtual Reality (VR) bildet ein zukünftiges Einsatzgebiet von Grids. Bereits heute werden in der VR vorwiegend PC-Cluster eingesetzt. Die Nutzung von Grid-Technologien ist hier der nächste Entwicklungsschritt zur effizienteren Nutzung von Rechenleistung (Bild 1).

Einer der essentiellen Faktoren für die Produktentwicklung ist die Verfügbarkeit der benötigten produktrelevanten Daten für alle Beteiligten. Diese Daten schließen nicht nur die während der Produktentwicklung erstellten Produktdaten ein, sondern auch die generischen Daten sowie das Produktwissen. Im Allgemeinen

werden sie nicht zentral verwaltet, sondern auf unterschiedlichste Datenquellen an verschiedenen Standorten verteilt. Grid-Technologien bieten Möglichkeiten, eines einfachen und transparenten Zugriffs auf diese unterschiedlichen Informationsquellen.

Des Weiteren sollen Grid-Technologien den Aufbau von virtuellen Unternehmen erleichtern. Die IT-Systeme der beteiligten Unternehmen bilden dann ein unternehmensübergreifendes Grid, in dem Benutzer auf alle verfügbaren Ressourcen zugreifen können. Notwendige Mechanismen zur Interoperabilität und zur Datensicherheit stellt das Grid bereit (Bild 2).

wie Rechenleistung, Daten, Anwendungen und der Netzwerkinfrastruktur. Die Ressourcenverwaltung ist wiederum aufgeteilt in die Basisdienste, dem Engineering Data Broker und dem Engineering Service Broker. Die Grid-Basisdienste beinhalten die von dem Anwendungsgebiet unabhängigen Grundfunktionalitäten. Beispielsweise umfassen sie das Verwalten von IT-Ressourcen und deren Abrechnung sowie die Bereitstellung sicherer Kommunikation. Die Entwicklung von Grid-Basistechnologien wird seit längerem von internationalen Initiativen wie Globus und von Technologie-Unternehmen vorangetrieben. Jedoch haben sie sich bisher primär Rechen-Grids kommerziell durchgesetzt.

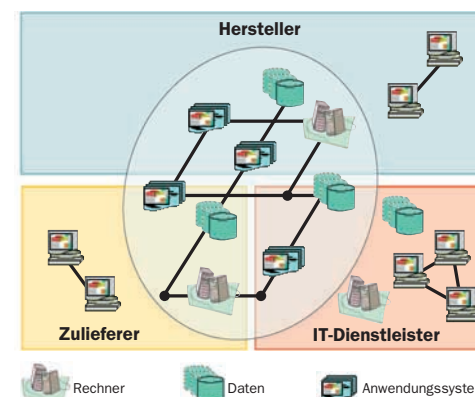


Bild 2: Grid-Technologien vereinfachen das Arbeiten in virtuellen Unternehmen

### Szenario für die Grid-Technologien

Die gemeinsame Betrachtung der einzelnen Grid-Ausprägungen führt zu dem in Bild 3 dargestellten Anwendungsszenario. Die Umsetzung dieses Szenarios gehört zu den Zielen des IPK. In dem Szenario stehen Rechenleistung, Daten und Applikationen weltweit und ohne Beschränkung zur Verfügung. Die Architektur besteht aus drei Schichten: den Anwendungen der Produktentwicklung, der gridbasierten Ressourcenverwaltung und den eigentlichen Ressourcen

Der Engineering Data Broker hat die Aufgabe, alle im Produktentstehungsprozess benötigten Daten auffindbar zu machen sowie diese zur Verfügung zu stellen. Da eine semantische Verbindung zwischen den Daten existiert, müssen diese anwendungsspezifisch beschrieben und entsprechend der Auswertung dieser Informationen behandelt werden. Der Engineering Service Broker erfüllt zum Data Broker analoge Aufgaben zur Verwaltung von Anwendungsdiensten. Hervorzuheben ist

### Grid-Technology in Product Development

The key concept of future IT-systems is virtualization. Compared to existing distributed systems, next generation grid-systems will virtualize data, information and computing services. Grid-computing is widely regarded as the solution to many current IT-problems.

Currently grid-computing makes its way into product development. The range of possible applications is enormous. Especially for small and medium-sized companies grid-technology is interesting, because it makes it possible to run applications that require a lot of resources without having to buy or to administer them permanently. This enables SMEs to run more complex computations and thereby to increase the quality of simulations. Faster computing means shorter product development times.

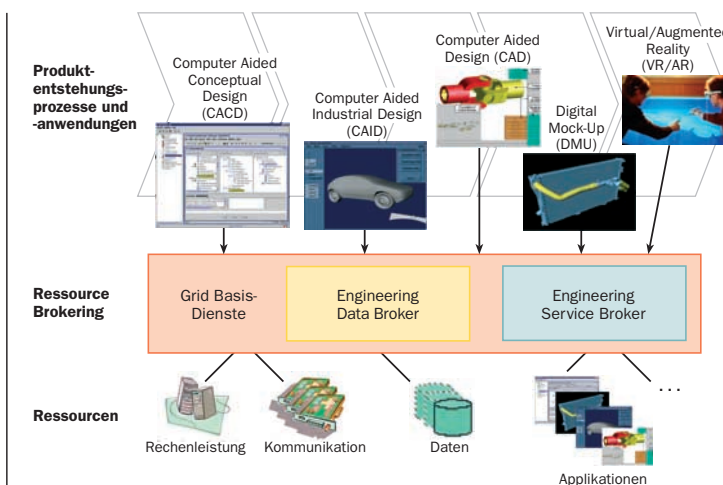


Bild 3: Einsatz von Grid-Technologien in der Produktentwicklung

die Entwicklung von Assistenzsystemen, die einen Nutzer durch die Fülle der weltweit verfügbaren Werkzeuge begleitet und ihn in seiner Arbeit unterstützt. Um die Nutzung der Grid-Technologien in der Produktentwicklung zu stärken, werden daher neben der Weiterentwicklung und Umsetzung der beschriebenen Komponenten vor allem die Gestaltung neuer domänenspezifischer Anwendungen notwendig sein.

### Ihr Ansprechpartner

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

# Koordination von Supply Chains in KMU-Netzwerken

**Kleinere und mittelständische Unternehmen verfügen häufig über stabile, langfristig angelegte und bewährte Lieferbeziehungen. Die Herausforderung besteht in der effizienten Abwicklung der Lieferkette im täglichen Betrieb, da die Unternehmen in mehrere solcher Ketten eingebunden sind und daher keine einheitliche ERP-Systemwelt zur Verfügung steht. Hinzu kommt, dass häufig auch kleine Unternehmen Teil dieser Netze sind, deren Datenhaltung in Qualität und Umfang eine exakte Planung nicht zulässt.**

**Die Herausforderung liegt insbesondere in der Abstimmung nicht direkt benachbarter Ketten-Elemente. Die gezielte Vorhersage von Lieferproblemen sowie die Weiterleitung von Informationen über den voraussichtlichen Bedarf sind für das Gelingen wesentlich. In dem vom Fraunhofer IPK geleiteten Projekt SPIDER-WIN entsteht eine Plattform, die als Application Service Provider (ASP) die Informationen von allen Gliedern der Supply Chain sammelt, vergleicht, den Auftragsstatus pflegt und entsprechende Informationen gezielt an die betroffenen Unternehmen weiterleitet.**

Auf dem IT-Markt sind zahlreiche Lösungen zur operativen Unterstützung von Supply Chains verfügbar. Diese sind jedoch meist auf größere Unternehmen mit substantieller IT-Infrastruktur zugeschnitten. Kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) haben üblicherweise nicht die erforderlichen Ressourcen für Kauf, Anpassung und Pflege komplexer IT-Systeme. Die Erwartung an den Umfang verfügbarer Daten und die Datenqualität sind hoch. Darüber



© Ducati

hinaus sind KMU normalerweise in mehrere Zuliefernetzwerke eingebunden, was die Verwendung eines gemeinsamen übergreifenden Steuerungssystems in der Praxis unmöglich macht.

Diese Randbedingungen lassen den Einsatz einer geeigneten Plattform für Application Service Provision (ASP) vorteilhaft erscheinen. Durch die Verwendung von ASP können die Anforderungen an lokale Hard- und Software minimal gehalten werden. Über geeignete Interfaces können unterschiedliche lokale ERP-Systeme adaptiert, oder bei sehr kleinen Unternehmen ohne eigenes ERP-System direkt mit dem Web-Browser ein Online-Zugriff angeboten werden.

### Der Geschäftsprozess in der Supply Chain

Die Entwicklung einer solchen ASP-Plattform, einschließlich der dafür er-

forderlichen Geschäftsprozesse und Berechnungsmethoden, ist das Ziel des Projektes SPIDER-WIN. Ein wesentlicher Schritt dieses Projektes war es, einen hinreichend allgemeingültigen Workflow, der auf der ASP-Plattform implementiert werden kann, zu definieren. Die Bestimmung dieses Workflows erfolgte mit Hilfe einer Feldstudie in drei Schritten:

- Analyse der Supply Chain-Geschäftsprozesse von geeigneten Unternehmen,
- Ermittlung der Daten, die in den Unternehmen verfügbar sind oder mit akzeptablem Aufwand verfügbar gemacht und gepflegt werden könnten,
- Spezifikation eines »General Enterprise Model« (GEM), das einerseits zur Definition des vom ASP zu unterstützenden Workflows dient und andererseits die Bestimmung von unternehmensspezifischen Abweichungen ermöglicht.

Untersucht wurden drei Liefernetzwerke in der Emilia Romagna (Italien), im Baskenland (Spanien) und in Mazovia (Polen). In solchen KMU-Netzwerken sind Sprachbarrieren ein Problem, da nicht selten nur die jeweilige Landessprache gesprochen wird. Daher wurden die Geschäftsprozesse durch lokale Berater in der jeweiligen Landessprache erfasst und dann in ein gemeinsames, englischsprachiges Modell übertragen. Damit auf diese Weise am Ende ein konsistentes Modell entstehen kann, war und ist ein einheitliches und

systematisches Vorgehen unabdingbar. Verwendet wurde eine am Fraunhofer IPK entwickelte Methode zur verteilten Modellierung, die auf der Integrierten Unternehmensmodellierung (IUM) beruht. Mit der IUM wurde ein Referenzmodell vorgegeben, das weitgehend die Terminologie und die Standard-Prozesse des Supply Chain Operations Reference (SCOR) Modells nutzt. Eine »Guideline« enthält eine Beschreibung der zu betrachtenden Prozesse, Variablen und Messgrößen sowie unterstützende Dokumente und Muster. Mittels des gemeinsamen Referenzmodells und der Guidelines fragen die Berater vergleichbare Informationen ab, sammeln die richtigen Beispieldokumente und dokumentieren die Ergebnisse in einer einheitlichen Form, die den Vergleich der Einzelmodelle und die Zusammenführung zu einem Gesamtmodell ermöglicht. Mit dieser Methode wurden zunächst die Modelle der Einzelunternehmen erstellt und dann zu den Modellen der drei Liefernetzwerke zusammengeführt, mit insgesamt 1852 Elementen in 103 Teilmodellen. Dann wurde aus dem Vergleich der Liefernetzwerke das General Enterprise Model (GEM) abgeleitet. Das GEM enthält die Standard-Prozesse entlang der Lieferkette sowie auswählbare Varianten, die sich z. B. aus Charakteristika des Produktes und des Herstellungsprozesses, rechtlichen Rahmenbedingungen oder regionalen Besonderheiten ergeben können.

### Software-Entwicklung

Im Ergebnis der Feldstudie wurde die unterstützende Software für vier Gebiete definiert:

- Modellierungs-Software zur Anpassung (Customizing) der Software und der angebildeten Prozesse für ein konkretes Liefernetzwerk,
- Integrations-Software, mit der die bestehenden ERP- oder Werkstattsteuerungslösungen mit der ASP-Plattform verbunden werden können,

- Intelligence-Software, mit der signifikante Indikatoren ermittelt werden können und
- Betriebs-Software für die eigentliche operative Steuerung der Lieferkette.

Die Betriebssoftware, die als ASP betrieben wird, deckt drei Hauptfunktionen ab.

Das Modul »Collaboration and Negotiation« wickelt die eigentlichen Auftragsprozesse (z. B. Bestellungen, Änderungen in Datum, Menge oder Preis, Stornierung, Lieferprobleme) ab und vermittelt zugeordnete Dokumente (z. B. Zeichnungen, Transportpapiere, Rechnungen). Dieses Modul arbeitet stets bilateral zwischen zwei Partnern.

Das Modul »Propagation« stellt Informationen über Bedarfsänderungen stromaufwärts bereit und überspringt dazu eine oder mehrere Ebenen der Lieferkette. Es nutzt dabei die mit Hilfe der Modellierungs-Software beschriebenen Produkt- und Prozessinformationen. Propagation gibt den Zulieferern frühzeitig Informationen über erwartbare Änderungen, während sich die dazugehörige Auftragsänderung durch die zwischengelagerten Unternehmen mehrere Tage hinziehen und damit u. U. irrelevant werden kann.

Das Modul »Prediction« signalisiert vermutete Probleme bei der Bedienung des Bedarfes (stromabwärts) und überspringt dabei analog eine oder mehrere Ebenen der Kette des Moduls Propagation. Heuristiken filtern dabei diejenigen Ereignisse, die zu relevanten Lieferverzügen führen könnten oder umgekehrt unsinnig hohe Bestände erzeugen würden (z. B. vor Modellwechsel). Die grafischen User-Interfaces für die beschriebenen Module sind bereits entwickelt und wurden mit den Projektpartnern diskutiert und optimiert. Ein Prototyp der ASP-Software sowie der Integrations-Software wird Ende 2005 verfügbar sein.

### Coordinating Supply Chains in Networks of Small and Medium Sized Enterprises

*Small and medium sized enterprises (SMEs) often have stable, long term and approved supply relationships. The challenge, however, is to manage this chain on a day-to-day basis. Usually, the companies are part of several supply chains; hence there is no standard ERP system environment available. A further problem arises from smaller companies that are part of the network, but the data storage of which in terms of quality and scope does not allow any exact planning. A special challenge is the coordination of those elements in the supply chain that are not directly linked to each other. A precise prediction of supply problems and the forwarding of information about the expected demand are very important. The project SPIDER-WIN, managed by Fraunhofer IPK, attempts to establish a platform, which – as an Application Service Provider (ASP) – collects the information of all elements of the supply chain, which validates this information, which maintains the order status and which forwards any relevant information directly to the respective company.*

© Ducati



### Partner / Förderung

Das Projekt SPIDER-WIN wird durchgeführt mit finanzieller Unterstützung der Europäischen Kommission im 6. Rahmenprogramm, IST 507 601. Projektpartner sind Bentivogli (I), CIAP (I), Ducati (I), Fibertecnic (E), Fraunhofer IPK (D), Joinet (I), P.M. (I), PZL Swidnik (PL), Sisteplant (E) und IMIK/University of Warsaw (PL).

## Interoperabilität in Produktentwicklungs- und Geschäftsprozessen

- ▼ **Schnelligkeit und Flexibilität sind insbesondere für kollaborative Unternehmen wesentliche Erfolgsmerkmale. Die Entwicklung komplexer Produkte trägt zunehmend multidisziplinären Charakter. Dadurch nimmt zwangsläufig die Notwendigkeit zur innerbetrieblichen als auch der außerbetrieblichen Kollaboration zu. Zur Optimierung des Gesamtergebnisses ist es unerlässlich, alle an der Produktentstehung beteiligten Prozesse, von der Idee über die Konstruktion, Anlauf und Tagesgeschäft, zu betrachten. Die entscheidende Voraussetzung zur Steigerung der Flexibilität eines Unternehmens liegt in dessen Fähigkeit, mit der Organisation, den Prozessen, den elektronischen Austauschformaten als auch der IT-Infrastruktur interoperabel zu anderen Unternehmen zu sein.**

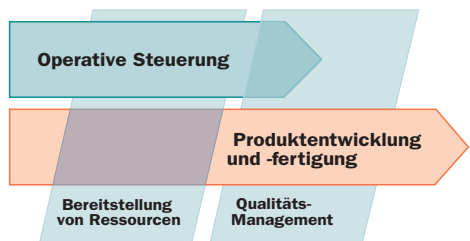


Bild 1: Unternehmensweite Prozessvernetzung

► **Fehlende Interoperabilität behindert die flexible Kollaboration**

Interoperabilität bezeichnet die Fähigkeit zweier Systeme, Anwendungen, Geräte oder auch Netzwerkkomponenten, sinnvoll Informationen miteinander auszutauschen. Ausgehend von dieser Definition ist die Herstellung einer interoperablen Infrastruktur eine grundlegende Voraussetzung

für die Zusammenarbeit von Unternehmen. Dabei bezieht sich die Interoperabilität nicht allein auf die benutzte Software und die IT Systeme, sondern auch auf die Prozesse. Unternehmen sehen sich vielfältigen Ursachen unzureichender Interoperabilität gegenübergestellt:

- Ungenügende Transparenz der eigenen Unternehmensarchitektur mit ihren gelebten Prozessen und Organisation auf der Ebene der Business-Logik. Das erschwert eine reibungslose Verknüpfung zu anderen Partnern oder Kunden.
- Inkompatibilität der auszutauschenden Informationen auf semantischer Ebene aufgrund unterschiedlicher Informationsstrukturierung, Sprache und Austauschformate.
- Die Existenz überlappender Standards und Defacto-Standards (ISO, OMG, W3C, ebXML, UN/CEFACT) im Bereich der Spezifikation und Austauschprotokolle. OEM fordern daher die Einhaltung eigener Standards, was insbesondere bei Zulieferern zu höherer Komplexität führt.

Die Kosten für Integrationsprojekte belaufen sich laut Studien von Gartner und AMR auf bis zu 30–40 % des gesamten IT Budgets eines Unternehmens, der EAI Markt (Enterprise Application Intergration) wird bis zum Jahr 2006 auf einen Umsatz von 29 Mrd. \$ wachsen. Diese Zahlen unterstreichen die Notwendigkeit von allgemeingültigen Interoperabilitätslösungen.

► **ATHENA – Europäische Forschung zur Lösung von Interoperabilitätsproblemen**

Das Integrierte Projekt ATHENA (Advanced Technologies for Interoperability of Heterogeneous Enterprise Networks and their Applications) hat sich zur Aufgabe gemacht, einen holistischen Ansatz für die Lösung von Interoperabilitätsproblemen zu finden. An dem von der Europäischen Kommission geförderten integrierten Projekt beteiligen sich 19 führende Firmen und Forschungseinrichtungen (siehe Bild 3). ATHENA entwickelt neue Lösungen, indem Interoperabilitätsaspekte in drei miteinander verknüpfte Abstraktionsebenen eingeteilt werden (siehe Bild 2). In der Business-Ebene werden Geschäftsmodelle und Prozessarchitekturen repräsentiert, die Knowledge-Ebene beschreibt Produktwissen, Rollen und Fähigkeiten im Unternehmen und die ICT System-Ebene repräsentiert die IT Infrastruktur. Voraussetzung für Interoperabilität ist eine semantische Transformierbarkeit der Businessobjekte zwischen den Ebenen.

► **Model Driven Development als Paradigma zur Erzeugung von Interoperabilität**

Die Arbeiten in ATHENA folgen dem Model-Driven Development (MDD) Paradigma, aufbauend auf der von der OMG propagierten Model Driven Architecture (MDA). Grob gesehen stellt MDD die Benutzung und Entwicklung von Modellen auf allen Ebe-

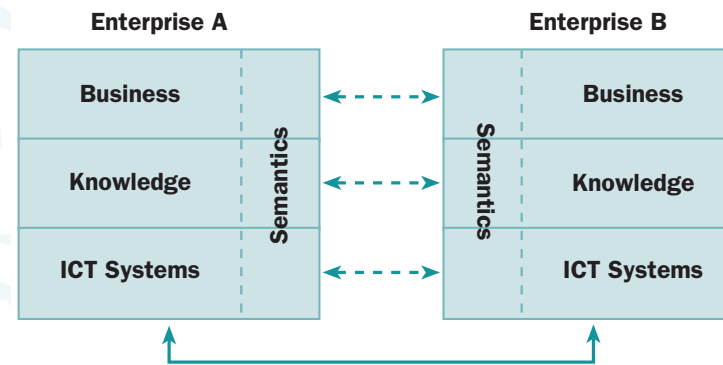


Bild 2: ATHENA Referenzmodell für die konzeptuelle Integration

nen der Business-Logik in den Mittelpunkt. Diese formalisierte Beschreibung von Prozessen, Unternehmensarchitekturen und IT Infrastrukturen erlaubt die Abbildung von Verknüpfungen zwischen den Business Objekten und erleichtert damit die Herstellung von horizontalen und vertikalen Interoperabilitätslösungen (Bild 2).

Die in ATHENA entwickelte »Modeling Platform for Collaborative Enterprises« (MPCE) ist ein Erfolg versprechender Ausgangspunkt. Werkzeuge wie ARIS von IDS Scheer mit dem MO<sup>2</sup>GO Tool des IPK können Unternehmensbeschreibungen miteinander austauschen, um Kooperationen zu planen und übergreifende Geschäftsprozesse ganzheitlich zu optimieren. Die methodische Basis bildet die POP\* Sprache, die integrierte Produkt-, Organisations-, Prozess- sowie Systemmodelle als gemeinsames Austauschformat bereitstellt. Die Spezifikationen zur POP\* Methode basieren auf der MDA und sind bereits in die Standardisierung der ISO eingeflossen. Unterstützt wird die Methodik um das Konzept zur unternehmensübergreifenden Prozessmodellierung (Crossorganizational Business Processes – CBP). Mit Hilfe dieses Konzeptes können Unternehmen ihre eigenen Prozesse bedarfsweise filtern, die in einer übergreifenden Prozesssicht in Netzwerken oder Zulieferketten verknüpft und ausgeführt werden können. Der wesentliche Vorteil liegt hier darin, dass entsprechend der Geschäfts-

situation, dem Partner nur die Prozessinformationen zur Verfügung gestellt werden, die zur Ausführung des speziellen Prozesses benötigt werden, ohne neue Beschreibungen zu erstellen. Die Konsistenz der verknüpften Modelle wird über gemeinsame Schnittstellen in einem übergreifenden Workflow sichergestellt.

Interoperabilität ist eng verknüpft mit der Existenz und Weiterentwicklung von Standards. Für die Domäne Produktentwicklung ist das der ISO Standard STEP. Dieser umfasst heute alle relevanten Bereiche für die Beschreibung von produktdefinierenden Daten. Eine zu untersuchende Frage ist in diesem Zusammenhang, wie sich Standards wie STEP unter den sich ändernden technologischen Randbedingungen weiterentwickeln können. ATHENA arbeitet in diesem Bereich an der Entwicklung eines generischen Ansatzes für die Koexistenz der in STEP spezifizierten Datenmodelle mit den in der Business-Welt benutzten.

Die beschriebenen Teilergebnisse führen zu dem Ziel, die Gestaltung von Geschäftsprozessen und deren Ausführung unternehmensübergreifend immer enger miteinander zu verzahnen. Änderungen in Produktentwicklungsprozessen können schneller umgesetzt werden und erhöhen die Fähigkeiten von Unternehmen in Netzwerken flexibel zu agieren. Begleitet werden die technischen Arbeiten in ATHENA durch

▼ **Interoperability in Product Development and Business Processes**  
 Staying innovative in the creation of new products requires an increasing flexibility in the collaboration with suppliers. Modeling and simulation of engineering and business processes is believed to become the enabling technology for a fast and seamless initiation of collaborations. The necessary technological prerequisites are the object of the EU-funded project ATHENA. This article describes two core aspects of the project: interoperability on the process level and on the ICT system level.

► **Ihre Ansprechpartner**

- Dipl.-Math. Uwe Kaufmann  
 Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06 – 2 70  
 E-Mail: uwe.kaufmann@ipk.fraunhofer.de
- Dipl.-Ing. Thomas Knothe  
 Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06 – 1 58  
 E-Mail: thomas.knothe@ipk.fraunhofer.de

Forschung zum Management von Interoperabilität, sei es zur Analyse der Fähigkeiten von Unternehmen zur Interoperabilität als auch zur Entwicklung von Value- und Impact-Modellen, mit denen der Nutzen von Interoperabilitätslösungen für die Unternehmen bestimmt werden können.

Bild 3: ATHENA Projektpartner  
[www.athena-ip.org](http://www.athena-ip.org)

Anwender	IT Solutions	
	Partner	Land
Anwender	AIDIMA	Spain
	C.R. Fiat	Italy
	EADS	France
	Intracom	Greece
IT Solutions	SAP	Germany
	Troux	Norway
	DFKI	Germany
	Formula	Italy
	ITREC	France
	TXT e-solutions	Italy
	IBM UK	United Kingdom
	SIEMENS	Germany
Research	ESI	Spain
	FhG IPK	Germany
	IC Focus	United Kingdom
	CNR-IASI	Italy
	SINTEF	Norway
	University Bordeaux	France
UNINOVA	Portugal	

# Absicherung der Umstrukturierungsplanung für eine Gasturbinenschaufelfertigung durch Simulation

Die Siemens AG fertigt und montiert am Standort Berlin Gasturbinen für den internationalen Kraftwerksmarkt. In der mechanischen Teilefertigung des Turbinenschaufelbaues werden Turbinenleit- und -lauf-schaufeln (Bild 1) für verschiedene Gasturbinentypen der Siemens AG Power Generation produziert. Die Fertigung ist maßgeblich durch spanende und abtragende Bearbeitungsverfahren gekennzeichnet. Der internationale Wettbewerb erfordert die permanente Neuausrichtung der Fertigung auf den Kunden. Marktuntersuchungen der Siemens AG Power Generation haben drei verschiedene Geschäftsfelder im Bereich Schaufelfertigung identifiziert:

- Das hochvolumige Serriegeschäft mit sehr hohem Wettbewerb und hohem Kostendruck.
- Die Fertigung der sogenannten »Exoten«, d. h. Schaufeltypen mit geringem Volumen und demnach komplizierten Fertigungstechnologien, die teilweise einzig in Berlin gefertigt werden können.
- Die Reparatur von Schaufeln aller Typen.

Diese Erkenntnis hat zu der Entscheidung geführt, die gesamte Schaufelfertigung am Standort Berlin umzustrukturieren und strategisch neu auszurichten. Das Projekt »INLINE« soll einen entscheidenden Beitrag zur Zukunftssicherung des Standortes leisten.



Bild 1: Turbinenleitschaufel (Siemens AG)

## Das Projekt INLINE

Die wesentlichen Ziele des Inline-Projektes sind die Senkung der Fertigungskosten, die Durchsatzsteigerung, die Reduzierung der Durchlaufzeiten, die Steigerung der Typen- und Volumenflexibilität und eine erhöhte Transparenz in der Schaufelfertigung.

Das Fraunhofer IPK wurde beauftragt, in enger Kooperation mit der Siemens Projektleitung die bereits bestehende Grobkonzeption unter Berücksichtigung der laufenden Produktion zu überprüfen und zu detaillieren sowie die bei der Erarbeitung darauf abgestimmter Organisationsstrukturen Materialflüsse und Layoutvorschläge konzeptionell zu unterstützen. Der Nachweis der Zukunftsfähigkeit des erarbeiteten Fertigungskonzepts war mit Hilfe einer

dynamischen Fabriksimulation zu erbringen. Für die derzeit in der Schaufelfertigung eingesetzten Fertigungstechnologien wurde ein Abgleich mit dem aktuellen Stand von Forschung und Technik gefordert.

## Die Phase der Neuplanung

Die Neuplanung der Schaufelfertigung erfolgte unter zwei wesentlichen Gesichtspunkten:

- Ablauf- und Aufbauorganisation, Hallenlayout, Materialflüsse und Fabriksimulation,
- Fertigungsverfahren und Betriebsmittel.

Die Vorgehensweise gliederte sich in vier Phasen, wie in Bild 2 dargestellt.

Die Konkretisierung der durch das Inline-Projekt vorgegebenen Gesamt-

strategie in eine praktikable Produktionsstrategie erforderte die Entwicklung und Bewertung organisations-, prozess- und funktionsübergreifender Maßnahmen.

In der Analysephase wurden Daten und Dokumente ausgewertet (z. B. Arbeitspläne oder Betriebsmittellisten) und Interviews zu ausgewählten Fragestellungen mit den Mitarbeitern der Siemens AG Power Generation geführt. Auf Basis erstellter Prozessmodelle wurde eine umfangreiche Schwachstellenanalyse und -bewertung durchgeführt. Auf Grund der herausragenden Bedeutung der Technologie für die langfristige Standortsicherung wurden innerhalb der Analysephase Leitlinien für das zukünftige Technologiemanagement entwickelt.

## Das Grobkonzept

In der zweiten Phase wurde das Grobkonzept für die Gestaltung von Layout, Materialfluss, Fertigungsplanung und -steuerung, Organisation sowie IT-Umgebung entwickelt. Produkte mit ähnlichem Materialfluss und vergleichbaren Rüst- und Bearbeitungszeiten wurden zu Produktgruppen zusammengefasst und mit SAP-Referenzarbeitsplänen hinterlegt. Ziel war die Bildung von Maschinengruppen für hochvolumige (Serienprodukte) und weniger stark nachgefragte Schaufeltypen (Kleinserien), die eine weitgehende Komplettbearbeitung der Produkte ermöglichen. Auf Basis der gebildeten Maschinengruppen und des erarbeiteten Organisationskonzepts wurde ein Ideal-Blocklayout mit optimierten, gerichteten Materialflüssen abgeleitet. Analog zu der Maschinengruppenbildung wurde eine räumliche Trennung in Klein- und Großserienbereich eingeführt.

## Die Feinabstimmung

Ziel dieser Phase war die Detaillierung des Fertigungs- und Technologiekonzepts sowie die Feinabstimmung und logistische Optimierung

der Fertigungsbereiche.

Das Fertigungskonzept wurde hinsichtlich seiner Leistungsfähigkeit durch eine Simulationsstudie abgesichert, wobei eine mittlere Durchlaufzeitreduzierung von 30 % bei hochvolumigen Schaufeln ermittelt wurde. Das Simulationsmodell bildet das Fertigungskonzept und die Fertigungssteuerung für die mechanische Schaufelbearbeitung detailliert ab. Durch den Einsatz eines Fertigungsleitsystems erreichbare Einsparungspotenziale wurden in einem Simulationslauf abgeschätzt. Dazu wurde die Reihenfolge der Fertigungsaufträge vor der Simulation mit einem am IPK-Berlin entwickelten Fertigungsleitsystem (»OpenPMS«) optimiert. Für die Schaufelfertigung wurde ein hierarchisches dreistufiges Steuerungssystem konzipiert. Für die Leitreechner- und betriebliche Steuerungsebene wurde auf Grund der erarbeiteten Grobanforderungen die Optimierung eines im Werk Berlin vorhandenen Fertigungsleitsystems empfohlen. Im Bereich der Fertigungstechnologie wurden Stichversuche durchgeführt. Die erarbeiteten Handlungsempfehlungen in der Technologieroadmap wurden durch Benchmarks mit artverwandten Fertiggern abgesichert.

## Ausblick

Die integrative Betrachtung von Technologie, Organisation, Fertigungsprozess und Fertigungssteuerung sowie die Absicherung durch dynamische Simulation während der Umstrukturierungsplanung hat sich bewährt und soll zukünftig für andere Projekte übernommen werden. Gegenwärtig befindet sich das Inline-Projekt in der Umsetzung und Realisierung. Das IPK unterstützt die Siemens AG bei der Erstellung des Umzugsplans und bei der kapazitiven Absicherung des Umzugs durch Simulation. Darüber hinaus stellt das IPK während des Umzugs und der Anlaufphase OpenPMS zur Auftragsreihenfolgeoptimierung und Maschinenbele-

## Simulating the Restructuring of Production Systems

Restructuring complex production systems without stopping them is a major challenge in production planning. Modern industrial enterprises, the products of which demand cutting-edge technology, have to develop integrated production strategies. Such strategies ought to cover technology, organization, production and production control. Siemens AG shows how a strategically aligned, integrated planning concept has been achieved, despite the common planning restraints.



Bild 2: Projektstruktur

## Ihr Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Sven Glinitzki  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06 – 1 65  
Fax: +49 (0) 30 / 3 91 10 37  
E-Mail: sven.glinitzki@ipk.fraunhofer.de

ungsplanung zur Verfügung. Durch diese Maßnahmen soll das Anlauf-risiko gesenkt werden. Im Ergebnis der positiven Erfahrungen aus der Zusammenarbeit zwischen der Siemens AG Power Generation und dem IPK wurde eine langfristige Forschungs- und Entwicklungspartnerschaft beschlossen. Kurz- und mittelfristig wurden technologie- und planungsorientierte Folgeprojekte vereinbart. Das Technologie-Road-Map-Konzept wird von der Siemens AG Power Generation und dem Fraunhofer IPK gemeinsam mit dem Ziel weiterentwickelt, es als internen Standard zu etablieren.



Martin Biallowons

**Martin Biallowons** studierte Mathematik an der Technischen Fachhochschule und der Technischen Universität in Berlin. Von 1986 bis 2004 war er bei der gedas deutschland GmbH in Berlin tätig und hat seit 1991 in verschiedenen Führungspositionen das Geschäftsfeld PLM aufgebaut. Seit 2004 ist er bei der gedas AG als Line of Business Leiter für das weltweite PLM-Geschäft verantwortlich.

## Gespräch mit

## Martin Biallowons

gedas AG

▼ **Futur sprach mit Martin Biallowons, Line of Business Leiter für das weltweite PLM-Geschäft bei der gedas AG.**

► *Herr Biallowons, der Einsatz von Product Lifecycle Management (PLM) in der Produktentstehung gewinnt zunehmend an Bedeutung. Durch die unterschiedlichen Interpretationen von PLM besteht allerdings häufig Unklarheit über den Wirkungsbereich und Nutzen von PLM. Wie definiert gedas »PLM« und welche Bereiche umfasst PLM?*

**Biallowons:** Globalisierung, steigender Zeit- und Kostendruck, schnell ändernde Kundenbedürfnisse und der Wettlauf um Innovationen haben in der Tat dazu geführt, dass sich produzierende Unternehmen heute stärker denn je mit der Frage nach einer markt- und kundenorientierten Gestaltung ihrer Organisation, Prozesse und Produkte auseinandersetzen müssen. Nur wer in der Lage ist, sich schnell und flexibel den veränderten Rahmenbedingungen anzupassen, wird auch in Zukunft erfolgreich agieren können. Diese enormen Herausforderungen lassen sich heute nicht mehr ohne Informationstechnologie bewältigen und hier kommt PLM ins Spiel.

gedas versteht unter PLM ein strategisches Managementkonzept, das optimierte Geschäftsprozesse, Menschen und Technologien effektiv verbindet und Produktinformationen jeder Phase der Wertschöpfungskette zugänglich macht. Im Kern geht es darum, die Prozesse und Menschen bei der Erzeugung und Nutzung produktbezogener Informationen über den gesamten Produktlebenszyklus - von der Produktentstehung über Produktion, Vertrieb und Marketing bis hin zu Service und Entsorgung - mit Hilfe von Technologien effektiv und effizient zu unterstützen. Natürlich spielen bei der Umsetzung einer PLM-Strategie Softwaresysteme, wie z. B. CAD, CAE, CAM, PDM oder DMU, und Virtual Reality sowie Schnittstellen zu Anwendungssystemen, wie z. B. ERP, SCM und CRM, eine wichtige Rolle. Sie bilden die technologische Voraussetzung für PLM, schaffen allerdings an sich noch keinen echten Mehrwert.

► *Umfasst PLM auch die Mechatronik (Elektrik, Elektronik, Software)?*

**Biallowons:** Die Verwaltung mechatronischer Informationen und die Steuerung der zugehörigen Prozesse erfolgen heute in den Unternehmen größtenteils noch mit Softwaresystemen, die vielfach auf Eigenentwicklung beruhen. In der Praxis fehlen derzeit noch marktreife Lösungen, die eine effektive Vernetzung der Mechanik- und Mechatronik-Bereiche ermöglichen. Wir gehen aber davon aus, dass PLM als strategischer Managementansatz auch für die Mechatronik an Bedeutung gewinnen und eine Integrationsplattform für die Mechatronik-Prozesse bilden wird.

► *Wie trägt PLM (nach dem Verständnis von gedas) zur Beschleunigung der Produktentstehung bei?*

**Biallowons:** Nach unserer Erfahrung führt der strategische Einsatz von PLM zu Vorteilen hinsichtlich Zeit, Kosten und Qualität im gesamten Produktlebenszyklus. Die Produktentwicklung ist also nur ein Bereich, den PLM adressiert. Allerdings verdient er eine besondere Beachtung,

da die Entwicklungs- und Produktionskosten zum Zeitpunkt der Markteinführung maßgeblich von der Produktentwicklung beeinflusst werden. Eine Grundvoraussetzung, um schneller, besser und kostengünstiger zu entwickeln, ist ein effektives Management aller produktrelevanten Informationen und eine Vernetzung der Prozesse. Viele Entscheidungen, beispielsweise welche Eigenschaften ein Produkt haben soll oder wie einzelne Produktkomponenten in das Gesamtkonzept zu integrieren sind, damit sie mit geringem Aufwand montiert werden können, werden in der frühen Phase der Entwicklung getroffen. Mit zunehmendem Entwicklungsfortschritt lassen sich diese Entscheidungen gar nicht oder nur sehr kostenintensiv und zeitraubend ändern. Um aufwändige Korrekturen zu vermeiden, brauchen die Entwickler so früh wie möglich viele Produktinformationen als Entscheidungshilfe, die ihnen PLM zur Verfügung stellt. Der Einsatz digitaler Prototypen, sogenannte »DMUs«, zur Produktabsicherung in der frühen Entwicklungsphase ist ein weiteres Beispiel. Zur Generierung eines DMU werden unterschiedliche Produktinformationen wie Produktstruktur, Lagestruktur und geometrische Informationen benötigt. PLM vernetzt die einzelnen Prozessabläufe und DMU-Technologien, versorgt sie mit den erforderlichen Produktinformationen und ermöglicht somit erst die systematische Nutzung virtueller Techniken in der frühen Entwicklungsphase. Dass der systematische Einsatz von DMU erhebliche Vorteile hinsichtlich Kosten- und Zeitreduktion bietet, zeigt das kürzlich durch die Presse gehende Beispiel von BMW. Das bayrische Unternehmen konnte eine komplette Baustufe bei der Entwicklung eines Fahrzeugmodells einsparen. Die Nutzenpotenziale von PLM gehen jedoch über die Produktentwicklung hinaus, wie auch das Beispiel eines japanischen Automobilherstellers nahe legt. Durch die

enge Vernetzung der Produktentwicklung und Fertigungsplanung konnte der Lackierprozess mit Hilfe von Simulations-Werkzeugen optimiert und die Prozessqualität erhöht werden. Ergebnis: Reduzierung des Lackiervorgangs um > 20% durch Entfall einer Trocknungsstufe und Erhöhung der Lackier-Effizienz durch geringeren Farbverbrauch.

► *Wo sieht gedas die größten Probleme und Hinderungsgründe für die erfolgreiche Umsetzung von PLM-Strategien in der Industrie?*

**Biallowons:** Da heute in vielen Unternehmen Kosteneinsparungsprogramme höchste Priorität haben, bleibt wenig Raum für Investitionen in innovative PLM-Strategien. Viele PLM-Projekte scheitern daher bereits bei der Projektgenehmigung, da quantifizierbare Aussagen über den PLM-Nutzen fehlen und der Beitrag von PLM zur Erreichung strategischer Unternehmensziele nicht dargestellt werden kann. Eine entscheidende Voraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung einer PLM-Strategie sind jedoch nicht die Neuausrichtung der Abläufe und Organisation, sondern die Informationstechnologie im Vordergrund. Informationstechnologie ist jedoch mehr Hilfsmittel als Selbstzweck. Leider tragen die Anbieter von PLM-Lösungen oftmals auch nicht zu mehr Transparenz bei, da sie auf die Funktionen und Fähigkeiten ihrer Produkte fokussieren. Des Weiteren sind vielfach Management und organisatorische Aspekte, wie z. B. unklare Einführungsstrategien, fehlendes Know-How und die ungenügende Einbindung der Anwender, Hinderungsgründe für eine erfolgreiche PLM-Umsetzung.

► *Welche Vorgehensweise empfiehlt gedas zur erfolgreichen PLM-Umsetzung?*

**Biallowons:** gedas hat unter dem Begriff »Intelligente Transformation« ein eigenes Beratungskonzept entwickelt, das auf den Elementen technologischer Nutzen, ganzheitliches Denken und menschlicher Aspekt basiert. Dieses Konzept bildet auch die Grundlage für unsere Vorgehensweise bei der Umsetzung von PLM-Strategien. Im Wesentlichen geht es dabei um die Identifikation von Handlungsfeldern für PLM anhand der Strategie des Kunden, die Festlegung quantifizierbarer Nutzenpotenziale und die Ableitung von Anforderungen an die zukünftige PLM-Lösung unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Zielsetzungen sowie Bedürfnisse der beteiligten Menschen. Darüber hinaus empfiehlt sich eine Einführung in mehreren Teilschritten, um möglichst schnell Nutzenpotenziale zu realisieren und eine frühzeitige Einbeziehung der Anwender zur Erreichung einer hohen Akzeptanz. Des Weiteren sind genaue Kenntnisse der Kundenbranche und der entsprechenden Prozesse eine Grundvoraussetzung, PLM erfolgreich einzuführen.



# gedas – ein globaler IT-Berater und -Dienstleister für die Automobilindustrie

gedas ist ein global agierendes Beratungsunternehmen, das über exzellentes Know-how branchenspezifischer Geschäftsprozesse sowie über mehr als 20 Jahre Erfahrung als IT-Dienstleister, speziell in der Automobil- und Fertigungsindustrie, verfügt.

Gegründet 1983 in Berlin, ist gedas heute ein global agierendes Unternehmen, das in dreizehn Ländern und auf vier Kontinenten (Europa, Asien, Süd- und Nordamerika) IT-Dienstleistungen anbietet. Dies beinhaltet Consulting, technologische Implementierung, den Betrieb von komplexen Systemen bis hin zum Outsourcing ganzer Unternehmensbereiche. gedas verfügt über ein im internationalen Vergleich einzigartiges Branchenwissen in den Bereichen Automotive, Zulieferer- und Fertigungsindustrie.

Die weltweit rund 5000 Mitarbeiter, die an über 50 gedas Standorten arbeiten, haben im Jahr 2004 einen Umsatz von 567 Mio. Euro erwirtschaftet. Am Standort in Berlin, dem Technologiezentrum am Spreebogen in Charlottenburg, arbeiten rund 500 Mitarbeiter. Hier befindet sich auch die Firmenzentrale des 100-prozentigen Tochterunternehmens des Volkswagen Konzerns. Der Vorstand der gedas AG besteht aus Axel Knobe (Chief Executive Officer), Manfred Heinze (Chief Financial Officer) und Volker Donnermann (Chief Technology Officer).

## ► Branchenwissen für Automobilindustrie

Das Angebotsspektrum der unternehmensübergreifenden Lösungen von gedas deckt die gesamte IT-Wertschöpfungskette in Unternehmen ab: von der Produktentwicklung über das Ressourcenmanagement und die Logistikprozesse bis hin zu Vertrieb und Kundenpflege. Dieses Full-Service-Portfolio bündelt gedas in fünf globalen Geschäftsfeldern: Product Lifecycle Management (PLM), Supply Chain Management (SCM), Enterprise Resource Planning (ERP), Customer Relationship Management (CRM) und Operational Services (Outsourcing und Rechenzentrums-Services).

Als strategischer IT-Partner des Volkswagen Konzerns ist gedas auch für viele weitere Kunden aus der Automobil- und Zulieferindustrie wie ArvinMeritor, Federal Mogul, Hayes Lemmerz, MAN, Moeller, Sitech oder Scania, tätig. Gleichzeitig transferiert der IT-Dienstleister sein großes Geschäftsprozess-Know-how für Fahrzeughersteller, Zulieferer, Importeure und Händler auch auf die Transport-

## ► Ihre Ansprechpartnerin

gedas deutschland GmbH  
Dagmar Nielsen  
Pascalstraße 11  
10587 Berlin

Tel.: +49 (0) 30 / 39 97 – 15 34  
Fax: +49 (0) 30 / 39 97 – 29 75  
E-Mail: dagmar.nielsen@gedas.de  
www.gedas.de



und Logistikbranche sowie den Public Sector. Bedeutende Kunden aus diesem Bereich sind zum Beispiel die Deutsche Post, die Deutsche Bahn, Fraport und zahlreiche öffentliche Verwaltungen im In- und Ausland wie die Berliner Polizei oder die Stadt Palma de Mallorca.

Partnerschaften mit international tätigen IT-Unternehmen – unter anderem mit SAP und Microsoft – gewährleisten die Umsetzung von Komplettlösungen auf der Basis von »best practice«-Standardsoftware.

## ► Denk- und Arbeitsprinzip »Intelligente Transformation«

gedas orientiert sich am Ansatz der »Intelligenten Transformation«. Dieser repräsentiert ein ganzheitliches Denk- und Arbeitsprinzip und bildet das Fundament für alle Projekte. Intelligente Transformation beinhaltet drei Elemente, die durch ihr Zusammenspiel zu einer effizienteren und nachhaltigeren Umsetzung von IT-Lösungen beitragen:

1. Technologischer Nutzen: bei Einsatz von Technologie steht der Nutzenaspekt für den Kunden im Vordergrund. Gefragt ist nicht das technisch Machbare, sondern das technisch Sinnvolle.
2. Ganzheitliches Denken: durch eine integrierte Sichtweise wird über die Grenzen des jeweiligen Projektes hin-

ausgeschaut, um zu prüfen, wie sich das Projekt in die Gesamtabläufe und Prozesse des Kunden integrieren lässt.

3. Menschlicher Aspekt: der Erfolg von Projekten hängt immer auch von den beteiligten Menschen ab. Daher steht bei gedas die direkte Interaktion zwischen Menschen immer im Vordergrund. gedas Projektmanager stehen jederzeit persönlich für den Kunden und seine Mitarbeiter zur Verfügung. Dabei haben sie auch die Bedürfnisse der Nutzer im Fokus, denn alle Lösungen werden von Menschen für Menschen realisiert.

Zunehmender Wettbewerbsdruck zwingt Hersteller dazu, Produktionsstandorte optimal zu vernetzen. Voraussetzung dafür ist die globale Verbindung von Technologie mit qualifizierten Mitarbeitern. gedas unterstützt Unternehmen durch seine weltweite Präsenz und sein Know-how bei diesem Transformationsprozess.

## ▼ Company Profile: gedas

Berlin – IT service provider gedas provides consulting on the development, integration and operation of IT solutions for companies in the automotive and manufacturing industries. The technological expertise of gedas in its core market and its knowledge of business processes in the automotive industry also benefit numerous customers from the traffic, transport and logistics industries and the public administration sector.

The consulting services of gedas cover the entire corporate IT value chain. These range from product development to resource management and logistics processes all the way through to sales and customer care. The gedas full-service portfolio is grouped into the following five global business segments: Product Lifecycle Management (PLM), Supply Chain Management (SCM), Enterprise Resource Planning (ERP), Customer Relationship Management (CRM) and Operational Services (outsourcing, data center services).



## 2. German-Israeli Symposium on Design and Manufacture

Vom 7. bis 8. Juli 2005 fand im Produktionstechnischen Zentrum Berlin das 2. German-Israeli Symposium on Design and Manufacture statt. Das erste Symposium wurde 1996 in Herzlia, Israel abgehalten.

Das Symposium ist Ausdruck einer zunehmend intensiveren Zusammenarbeit zwischen dem Technion Haifa und der TU Berlin. Die Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb und dem Technion hat eine lange Tradition – sie geht zurück auf Georg Schlesinger, Professor an der TH Charlottenburg, der einer der Gründerväter des Technions war. In der Nachkriegszeit bis heute konnten die Beziehungen unter kritischer Aufarbeitung der Vergangenheit wieder aufgebaut werden.

Das Symposium wurde vom Berliner Kreis und der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktionstechnik organisiert und vom Israel Ministry of Science and Technology MOST, der DFG, Bosch, Parametric Technologies und Siemens unterstützt.



## BENCHMARKING 2005

### Benchmarkingtagung 2005 »Best Practices: Lösungen für den Mittelstand«

Der Vergleich mit den besten Mitbewerbern sowie branchenfremden Unternehmen wird für kleine und mittlere Unternehmen zunehmend bedeutender. Im Zuge des wachsenden internationalen Wettbewerbsdrucks für KMU in Deutschland ist es nicht mehr ausreichend, lediglich Produkte bzw. einzelne Arbeitsabläufe zu optimieren. Es ist vielmehr erforderlich, eine unternehmensübergreifende Betrachtung und Analyse der vier Schlüsselperspektiven Finanzen, Kunden, Prozesse und Innovation zu integrieren. Wie Firmen diesen Herausforderungen begegnen können ist u.a. Thema der diesjährigen Tagung »Best Practices: Lösungen für den Mittelstand« am 17./18. November 2005 in Berlin. Die Benchmarkingtagung ist eine etablierte und sehr erfolgreiche Veranstaltungsreihe, seit 1994 organisiert und durchgeführt vom Informationszentrum Benchmarking (IZB) am Fraunhofer IPK. Die Tagung ermöglicht den Teilnehmern, eine objektive und aufschlussreiche Gesprächsplattform zu nutzen, praktikable Informationen zu erhalten und neue Kontakte zu knüpfen. Dabei stehen folgende Themenschwerpunkte im Mittelpunkt:

- Potenziale und Handlungsfelder des Mittelstandes im Hinblick auf politische, wirtschaftliche und soziale Bedingungen,
- zugeschnittene Benchmarkingmethoden für den Mittelstand,
- Darstellung eines Ratingsystems zur finanziellen Charakterisierung von Unternehmen,
- Betrachtung der Lieferantenauditing als Vorstufe des Ratings in der Automobilindustrie,
- Best Practices im Prozess- und Anlaufmanagement, Ergebnisse und Erfahrungen anhand eines Benchmarkingprojektes und
- Überprüfung und Optimierung der Personalkosten mittels Benchmarking.

Am zweiten Tag schult der angebotene Praxisworkshop unter der Leitung von Dipl.-Ing. Holger Kohl, Leiter des IZB, die Teilnehmer zu Themen der Zielsetzung, Prozessmodellierung, Kennzahlenableitung, Benchmarking-Partnersuche sowie der Maßnahmenableitung.

#### Ihre Ansprechpartner

Holger Kohl  
Mario Görmer  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06 – 1 68  
Fax: +49 (0) 30 / 3 91 10 37  
E-Mail: holger.kohl@ipk.fraunhofer.de



### Klaus Wowereit besucht PTZ

Am 27. Juni 2005 besuchte der Regierende Bürgermeister von Berlin, Klaus Wowereit, das Produktionstechnische Zentrum (PTZ). Aus erster Hand informierte er sich über konkrete Kooperationsbeispiele zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Während seiner Besichtigung des PTZ-Versuchsfeldes am Spreebogen in Charlottenburg erläuterte Professor Eckart Uhlmann, Leiter des Instituts für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb der TU sowie des Fraunhofer-Instituts für Produktions-

anlagen und Konstruktionstechnik (IPK), für den Gast verschiedene aktuelle Wissenschaftsprojekte. Forscherinnen und Forscher des PTZ boten Wowereit eine Einführung in die Mikrosystemtechnik und führten ihm den »Haptic Walker« vor, eine Maschine, die Schlaganfall-Patienten beim Wiedererlernen des Laufens unterstützt. An einer weiteren Station wurde ein Automotor vollautomatisch in seine Einzelteile zerlegt. Im Sonderforschungsbereich »Demontagefabriken« werden ent-

#### Ihr Ansprechpartner

Christopher Hayes  
Tel.: +49 (0) 30 / 3 90 06 – 2 38  
Fax: +49 (0) 30 / 3 90 06 – 3 92  
E-Mail: christopher.hayes@ipk.fraunhofer.de

sprechende Recyclingtechnologien auch an Waschmaschinen und Handys erprobt. Einen Einblick in die virtuelle Produktentwicklung konnte Klaus Wowereit im Virtual Reality Lab des PTZ gewinnen.

Der Bürgermeister betonte abschließend die Notwendigkeit einer engen Zusammenarbeit von Wissenschaft und Wirtschaft sowie die Bedeutung der Technischen Universität für die Stadt Berlin.

### Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik auf der Messe »parts2clean«

Für die Herstellung qualitativ hochwertiger Produkte ist die technische Reinheit von Bauteilen, ihrer Funktionsflächen sowie der Fertigungsumgebung unabdingbar. Aufgrund der immer kleiner und technisch komplexer werdenden Systemkomponenten erhöht sich der Aufwand von Reinigungsprozessen erheblich. Restverschmutzungen auf den Bauteilen beeinträchtigen nicht nur die Funktionalität der technischen Systeme, sondern erhöhen auch den Ausschuss. Eine maßgeschneiderte und bedarfsgerechte Bauteilreinigung trägt deshalb wesentlich zur Wirtschaftlichkeit der Fertigungsprozesse bei.

Die Fraunhofer-Allianz Reinigungstechnik präsentiert auf der parts2

clean 2005 neueste Konzepte, Technologien und Prüfverfahren für die fertigungsintegrierte Reinigung von Bauteilen. Ziel der Fraunhofer-Experten ist es, die Einsparpotenziale von Reinigungsvorgängen als sinnvolle Bestandteile der Wertschöpfungskette zu erhöhen. Ihr Motto: »Die Reinigung vermeiden, wo es möglich ist. Den Reinigungsbedarf vermindern, wo er nötig ist. Die Reinigungsprozesse automatisieren, wo es wirtschaftlich sinnvoll ist.«

**parts2clean** – Messe Essen  
Halle 3, Stand B217/C312  
**18. bis 20. Oktober**

parts2clean

#### Ihr Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Mark Krieg  
Tel.: +0 30 / 3 90 06 – 1 59  
www.allianz-reinigungstechnik.de

