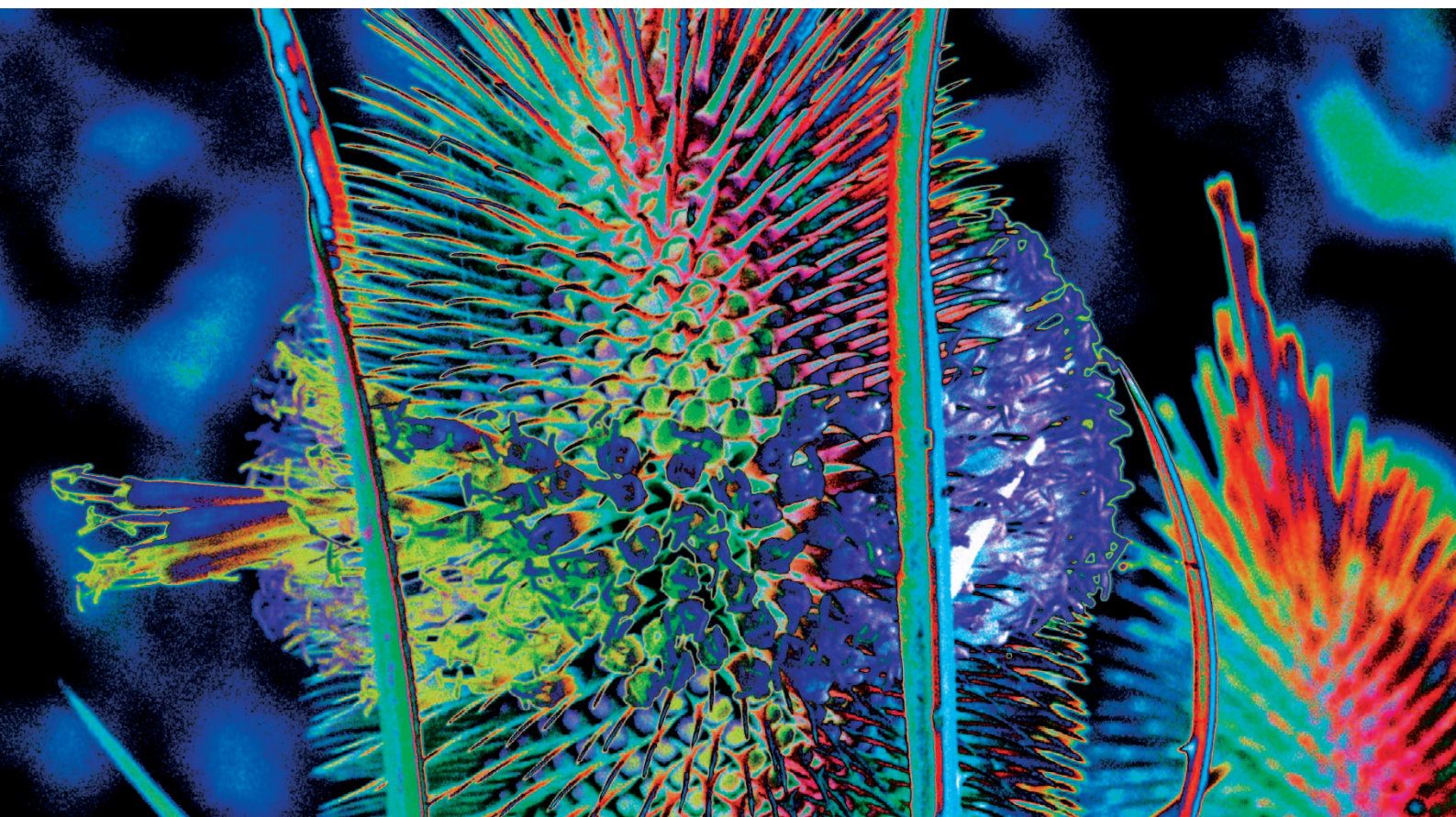




**Fraunhofer** Institut  
Werkstoffmechanik

# Jahresbericht 2005



# Jahresbericht 2005

**Fraunhofer-Institut  
für Werkstoffmechanik IWM**

Institutsteil Freiburg  
Wöhlerstraße 11  
79108 Freiburg  
Telefon +49 (0) 7 61 / 51 42-0  
Telefax +49 (0) 7 61 / 51 42-1 10

Institutsteil Halle  
Heideallee 19  
06120 Halle  
Telefon +49 (0) 3 45 / 55 89-0  
Telefax +49 (0) 3 45 / 55 89-1 01

[www.iwm.fraunhofer.de](http://www.iwm.fraunhofer.de)  
[info@iwm.fraunhofer.de](mailto:info@iwm.fraunhofer.de)

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

das Jahr 2005 war für das Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik ein Jahr der Weichenstellungen. Wir haben in Freiburg und in Halle viel Neues begonnen.

In Halle fand im Mai 2005 der Spatenstich für ein neues Institutsgebäude statt. Der Neubau wird einmal Platz für 80 Mitarbeiter bieten und damit unsere bisherigen Räumlichkeiten mehr als verdoppeln. Obwohl der Institutsteil über die letzten Jahre ein kontinuierliches Wachstum aufweisen konnte und sicherlich auch noch weiter aufweisen wird, eröffnet ein Neubau auch die Möglichkeit, neue Themen aufzugreifen. Auch hierfür stehen die Chancen sehr gut. Im Jahr 2005 wurde das Berufungsverfahren für einen zweiten Institutsleiter am Fraunhofer IWM in Halle voran gebracht. Wir sind guter Dinge, dass wir im ersten Halbjahr 2006 eine neue Person für die Institutsleitung haben werden.

Im Jahr 2005 hatte auch das Thema Kooperationen einen hohen Stellenwert. In Schkopau fand im Juni die Eröffnung des Fraunhofer-Pilotanlagenzentrums für Polymersynthese und Polymerverarbeitung statt. Gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für angewandte Polymerforschung IAP in Golm betreiben wir das in dieser Größenordnung in der Fraunhofer-Gesellschaft einmalige Zentrum, um mit industriellen Partnern neue Polymerwerkstoffe zu entwickeln, zu verarbeiten und entsprechende Bauteile für den Einsatz zu qualifizieren.

In Freiburg haben wir nach der Genehmigung durch die Vorstände der Max-Planck-Gesellschaft und der Fraunhofer-Gesellschaft mit dem Aufbau einer gemeinsamen Arbeitsgruppe mit dem Max-Planck-Institut für Eisenforschung in Düsseldorf begonnen. Diese Art der Kooperation ist für die Fraunhofer-Gesellschaft ein Stück Neuland und



wir freuen uns besonders, hier die Vorreiterrolle spielen zu dürfen. Thema der Arbeitsgruppe ist die Vielkristallmechanik von Metallen. Mit neuen Werkstoffmodellen sollen metallische Bauteile wissensbasiert schneller entwickelt und die Bauteileigenschaften präziser vorhergesagt werden können.

Doch wir hatten im letzten Jahr auch Wermutstropfen zu verschmerzen. Einige Mitarbeiter, mit denen wir viel versprechende Aktivitäten starten wollten, haben uns verlassen, um in der Industrie tätig zu werden. In Punkto finanzieller Rahmenbedingungen können wir leider mit der Industrie nicht konkurrieren. Obwohl wir in Sachen Themenvielfalt und Gestaltungsmöglichkeiten sehr viel zu bieten haben, sind solche Weggänge daher unvermeidlich. Gerade vor dem Hintergrund neuer Themen und neuer Möglichkeiten sind das leidvolle Erfahrungen und es bleibt eine vordringliche Aufgabe der Führungskräfte, Nachwuchswissenschaftlern frühzeitig Perspektiven im Institut aufzuzeigen.

Die Fraunhofer-Gesellschaft hat in 2005 zwölf Themen definiert, die sich durch ein herausragendes Innovationspotenzial und einen hohen Forschungsbedarf auszeichnen. Beim Thema »Integrierte Leichtbausysteme« hat unser Institut die Aufgabe der Fraunhofer-weiten Koordination übernommen. Beim Thema »Simulierte Realität: Werkstoffe, Produkte, Prozesse« haben wir uns dieser Aufgabe gemeinsam mit dem Fraunhofer ITWM gestellt. Als Querschnittsinstitut ist es uns besonders wichtig an diesen Vernetzungen in der Fraunhofer-Gesellschaft mitzuarbeiten.

Wir begrüßen die Entwicklungen beim Bundesministerium für Forschung und Technologie. Von dort gehen neue positive Impulse für die Förderung der Werkstoffforschung aus. Dies ist für das Institut besonders wichtig, um eine gesunde Balance zwischen strategischer Vorlaufforschung, vorwettbewerblicher und industrieller Auftragsforschung zu halten.

Für das Frühjahr 2006 planen wir unser zweites Technologieaudit. Dabei präsentieren wir unsere strategische Ausrichtung einem Expertenkreis aus Industrie und Wissenschaft und versprechen uns aus den Diskussionen, wie schon in 2003 bei unserem ersten Audit, wertvolle Impulse für die Weiterentwicklung des gesamten Instituts.

Wirtschaftlich befinden wir uns erfreulicherweise weiter in stabilem Fahrwasser. Der Betriebshaushalt des Instituts ist im Vergleich zum Vorjahr um fast 10 Prozent bzw. 1,3 Millionen Euro gewachsen. Dabei ist der Anteil der Wirtschaftserträge bei 44 Prozent stabil geblieben.

Unseren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in Freiburg und Halle und unseren Führungskräften möchte ich für ein erfolgreiches Geschäftsjahr danken. Unseren jetzigen und auch zukünftigen Projektpartnern gegenüber möchte ich die Zuversicht und Überzeugung zum Ausdruck bringen, dass wir auch weiterhin mit innovativen werkstoffmechanischen Lösungen für ihre Fragestellungen aufwarten können.

Mit den besten Wünschen

Ihr



Peter Gumbusch

Institutsprofil, Werkstoffmechanik	6	<b>Ausgewählte Forschungsergebnisse</b>	
Geschäftsfelder, Auftraggeber und Kooperationspartner	7	<b>Hochleistungswerkstoffe und Tribosysteme</b>	
Rückblick	8	Diamantbeschichtete Keramiken für Wendeschneidplatten, Ziehsteine und Gleitringe	28
Der Werkstoffmechanikpreis	10		
Das Institut in Zahlen	12	Experimentelle und numerische Untersuchungen zum Einsatz von piezoelektrischen Sensoren	29
Kuratorium 2005	13		
Organisation und Ansprechpartner	14	Charakterisierung der mechanischen Eigenschaften von Dentalkompositen während der Aushärtung	30
<b>Kernkompetenzen des Fraunhofer IWM</b>			
Werkstoff- und Bauteilcharakterisierung	18	Röntgenographische Charakterisierung dünner Wolframdrähte	31
Werkstoffmodellierung und Simulation	20		
Grenzflächen- und Oberflächentechnologie	22	<b>Sicherheit und Einsatzbewertung von Bauteilen</b>	
		Numerische Simulation schweißtechnischer Fertigungsschritte	34
		Bruchmechanischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile mit probabilistischen Methoden	35
		Festigkeitsbewertung von Spaceframe-Fügeverbindungen unter Crashbelastung	36
		Modellierung des Versagensverhaltens am Beispiel von Verbundsicherheitsglas unter Crashbedingungen	37
		<b>Komponenten der Mikrosystemtechnik und Nanotechnologien</b>	
		Präzisionsbearbeitung zum lokalen Öffnen und Rückpräparieren von mikroelektronischen Bauteilen	41
		Testwafer zur Bewertung der Bondqualität direkt gebondeter Wafer	42
		Herstellung und mechanische Eigenschaften von Spinnenseideproteinschichten	43

### Werkstoffbasierte Prozess- und Bauteilsimulation

Simulation der Nachverdichtung beim Rollieren eines Zahnrads aus Sinterstahl	47
Kantenrisse beim Walzen von Blech	48
Entwicklung von Rechenmodellen zur Lebensdauervorhersage von Motorbauteilen unter thermisch-mechanischer Ermüdungsbeanspruchung	49
Struktur und Stabilität von Metall-Keramik-Grenzflächen auf atomarer Skala	50
Kompetenzzentrum Simulation von Bauteilen und Bauteilverhalten SimBAU	51

### Komponenten mit funktionalen Oberflächen

Beschichtungen für dekorative und hydrophobe Oberflächen	55
Herstellung mikrooptischer Komponenten aus anorganischen Gläsern durch schnelles Heißprägen	56
Reduzierung von Bruchraten in der industriellen Solarzellenfertigung	57

### Polymeranwendungen

Untersuchung innovativer Verfahren der Kunststoffverarbeitung für die Herstellung von Bauteilen aus faserverstärkten Kunststoffen	60
Charakterisierung von langfaserverstärkten Thermoplasten mittels Rondentests	61

### Kompetenzzentren

Wasserstoff in Metallen und dessen Risikopotenzial im Einsatz	63
Das Fraunhofer-Pilotanlagenzentrum für Polymersynthesen und -verarbeitung	64
<i>crashMAT</i> , Freiburger Zentrum für crashrelevante Material und Bauteilcharakterisierung	65

### Das Fraunhofer IWM in der Fraunhofer-Gesellschaft: Kooperation und Vernetzung

Die Fraunhofer-Gesellschaft	68
Der Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile	69
Themenverbünde und Zentren	70
Gemeinschaftsforschung in der Fraunhofer-Gesellschaft	72
<b>Anhang</b>	
Personen, Ereignisse, Ausbildung	77
Seminare des Fraunhofer IWM	80
Projektübersicht	82
Mitarbeit in Gremien, Ausschüssen, Beratertätigkeiten	86
Veröffentlichungen in referierten Zeitschriften	88
Sonstige Veröffentlichungen	90
Veröffentlichte Konferenzbeiträge	92
Vorträge, Poster	96
Ausstattung Freiburg	102
Ausstattung Halle	103
Anfahrt	104

Das Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM bestimmt und analysiert die Auswirkungen von mechanischen und thermischen Beanspruchungen auf die Eigenschaften von Werkstoffen und Bauteilen im Einsatz oder bei Fertigungs- und Bearbeitungsvorgängen.

Die Kernkompetenzen des Instituts sind

- Werkstoff- und Bauteilcharakterisierung,
- Werkstoffmodellierung und Simulation,
- Grenzflächen- und Oberflächentechnologie.

Diese werden projektbezogen für Forschungsaufgaben genutzt, die zum Ziel haben, die Eigenschaften der Werkstoffe und Bauteile für die im Einsatz auftretenden Belastungen optimal einzustellen und deren Leistungsfähigkeit möglichst vollständig auszuschöpfen.

Die Leistungen des Fraunhofer IWM umfassen die Werkstoffcharakterisierung und Bauteilprüfung, die Modellierung von Werkstoffeigenschaften unter verschiedensten Belastungen, die Simulation von Bauteilen und Fertigungsprozessen, die einsatzgerechte Beschichtung von Werkzeugen und Bauteilen, Schadensanalysen und Verfahrensentwicklungen zur Formgebung und zum Trennen.

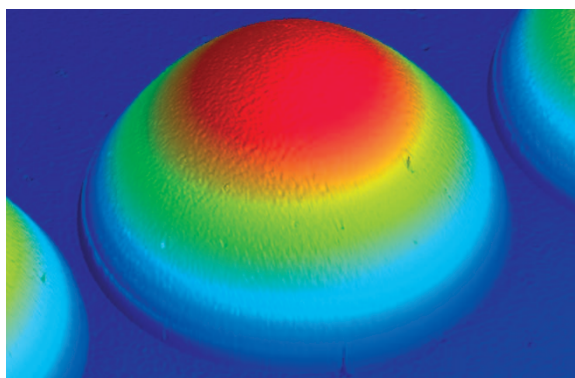
Die Kopplung der Mikrostruktur mit makroskopischen Eigenschaften ist ein wesentlicher Forschungsschwerpunkt.

Das Spektrum der in den Projekten behandelten Bauteile reicht von Mikrosensoren über Maschinenbauteile bis zu Kraftwerkskomponenten. Experimentelle und numerische Methoden werden gleichberechtigt nebeneinander und miteinander eingesetzt.

Begreifen, was sich im Innern eines belasteten Werkstoffs abspielt, ist Grundvoraussetzung, um das Entstehen und Wachsen von Schwachstellen wie Rissen, Fehlern und Poren in Bauteilen zu erklären und – für die industrielle Praxis besonders wichtig – zu beeinflussen.

Werkstoffmechanik befasst sich mit der Frage, wie sich Werkstoffe in Bauteilen verhalten und wie sich die Eigenschaften von Werkstoffen in der Fertigung verändern.

Neben der Bauteilbewertung unter Einsatzbedingungen kommt der werkstoffmechanischen Bewertung des Fertigungsprozesses inzwischen eine entscheidende Rolle zu. In der Fertigung wird schließlich die Mikrostruktur des Werkstoffs festgelegt, z.B. durch Umformen, Sintern oder Gießen, dort werden die Eigenschaften der Bauteiloberfläche beeinflusst, z.B. durch Bearbeitung oder Beschichtung und schließlich bestimmen die Fertigungsausbeute und die Herstellbarkeit eines neuen Produkts die Wirtschaftlichkeit des gesamten Prozesses.



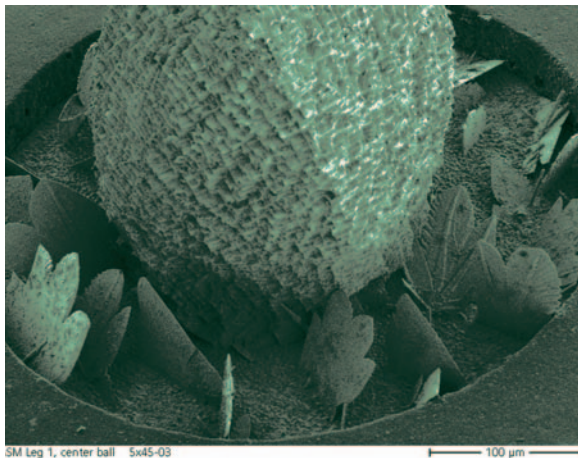
Prägewerkzeug für asphärische Mikrolinsen.  
(Die Farben zeigen die Höhe an, Durchmesser einer Linse 240  $\mu\text{m}$ , Höhe 4,4  $\mu\text{m}$ ).

Die Projektentwicklung und -bearbeitung im Fraunhofer IWM ist auf sechs Geschäftsfelder fokussiert, in denen thematisch ähnliche Projekte gebündelt sind.

- Hochleistungswerkstoffe und Tribosysteme,
- Sicherheit und Einsatzverhalten von Bauteilen,
- Komponenten der Mikrosystemtechnik und Nanotechnologien,
- Werkstoffbasierte Prozess- und Bauteilsimulation,
- Komponenten mit funktionalen Oberflächen,
- Polymeranwendungen.

Zwei Kompetenzzentren nutzen übergreifend das Know-how des Instituts:

- Kompetenzzentrum für Mikrostruktur- und Schadensanalyse
- Kompetenzzentrum für Bauteilsimulation



Freigelegte intermetallische Phasen in einer Lotkontaktierung eines mikroelektronischen Bauteils.

Das Spektrum der industriellen Forschungs- und Entwicklungsdienstleistungen des Fraunhofer IWM umfasst

- Machbarkeitsstudien, Beratungsgespräche,
- bilaterale Industrieprojekte und
- die Durchführung und auch die Koordination von Verbundprojekten.

Der Zeitrahmen, in dem Projekte abgewickelt werden, reicht von wenigen Tagen bei industriellen Schadensfällen bis zu mehreren Jahren bei strategischen Großprojekten.

Die öffentlichen Auftraggeber bzw. Zuwendungsgeber des Fraunhofer IWM sind

- das Bundesministerium für Forschung und Technologie und das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit,
  - die Länder Baden-Württemberg und Sachsen-Anhalt,
  - die Deutsche Forschungsgemeinschaft,
  - die Europäische Union
- sowie viele weitere Industrieverbände, Stiftungen oder Forschungsgemeinschaften.

Die industriellen Projektpartner des Fraunhofer IWM kommen aus allen Bereichen, in denen Werkstoffe und Bauteile in der Herstellung oder im Einsatz besonderen Belastungen ausgesetzt sind:

- Maschinen- und Anlagenbau,
- Fahrzeugbau einschließlich der Zulieferer,
- Werkstoff- und Halbzeughersteller,
- Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik,
- Bio- und Medizintechnik, Pharmazie,
- Glas, Optik,
- Polymertechnik.



## Festkolloquium zum 60. Geburtstag von Professor Dr. Hermann Riedel

Unter dem Motto *Vom Werkstoffverständnis zum Wettbewerbsvorteil – Werkstoffbasierte Prozess- und Bauteilsimulation* feierte das Institut zusammen mit zahlreichen Gästen aus Industrie und Wissenschaft am 17. Februar 2005 den 60-sten Geburtstag von Professor Hermann Riedel.

Seit 1986 prägt Professor Hermann Riedel den Erfolg des Fraunhofer IWM national und international. Seine Arbeiten zur Simulation pulvertechnologischer und umformtechnischer Prozesse und zum Hochtemperaturverhalten von Metallen genießen weltweit Anerkennung. Professor Riedels Kompetenz hat dem Fraunhofer IWM zum erfolgreichen Erschließen neuer und attraktiver industrieller Anwendungsfelder verholfen.

Das Kolloquium zeigte an vielen interessanten Beispielen, wie die Aufgabe der Beherrschung der Wechselwirkung zwischen Aufbau und Eigenschaften



Der Jubilar, Prof. Hermann Riedel (Mitte) im Gespräch mit Dr. Walter Döll (links) und Dr. Kurt Fischer.



Prof. Gerhard Schneider, Robert Bosch GmbH (links) und Dr. Lorenz Sigl, Sinterstahl GmbH.

von Werkstoffen in der Industrie und in der Wissenschaft angegangen und gelöst wird und wie daraus Innovationen bei Bauteilen und Prozessen entstehen.

Professor Gerhard Schneider (Robert Bosch GmbH) referierte über systemorientierte Werkstoffforschung und -entwicklung. Professor Dierk Raabe (Max-Planck-Institut für Eisenforschung) gab einen Einblick in die Kristallmechanik von Metallen. Dr. Rainer Gaebel (Refratechnik GmbH) stellte innovative Werkstoffkonzepte am Beispiel der Grundstoffindustrie vor. Dr. Lorenz Sigl (Sinterstahl GmbH) erörterte die Bedeutung der Werkstoffmechanik in der Pulvermetall-Industrie. Dr. Gerhard Wötting (H.C. Starck Ceramics GmbH&Co KG) stellte Innovationen bei der Hochleistungskeramik vor. Professor Peter Gumbsch richtete den Blick auf die Zukunft der werkstoffbasierten Prozess- und Bauteilsimulation.

Das Geburtstagsbuffet und die musikalische Begleitung boten einen schönen Rahmen für Gespräche mit Projektpartnern, ehemaligen Mitarbeitern und Kollegen.



Nikolaus Halfmann und Felix Groteloh sorgten für den musikalischen Rahmen.

## Spatenstich für den Institutsneubau in Halle

Im Bereich des Wissenschafts- und Innovationsparks der Stadt Halle fand am 4. Mai 2005 der symbolische Spatenstich für unser neues Institutsgebäude statt.

Mit dabei waren der Staatssekretär im Kultusministerium des Landes Sachsen-Anhalt, Wolfgang Böhm, Dr. Dirk Meints Polter für den Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft, Frau Ingrid Häußler, Oberbürgermeisterin der Stadt Halle, Professor Hans-Joachim Solms, Prorektor der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Professor Peter Gumbsch, Institutsleiter des Fraunhofer IWM und Professor Dieter Katzer, Leiter des Institutsteils Halle.

Im Frühjahr 2007 soll der Bau bezugsfertig sein. Mit finanzieller Unterstützung des Europäischen Fonds für Regionalentwicklung, des Bundesministeriums für Bildung und Forschung und des Landes Sachsen-Anhalt errichtet die Fraunhofer-Gesellschaft den Neubau. Er umfasst eine Hauptnutzfläche von ca. 3200 m<sup>2</sup> mit Technika und Büros für 80 Mitarbeiter.



Der Spatenstich für den Institutsneubau in Halle am 4. Mai 2005.

## Einweihung des Fraunhofer-Pilotanlagenzentrums für Polymer-synthese und Polymerverarbeitung PAZ in Schkopau

Die Gesamtinvestitionssumme beträgt 19,6 Millionen Euro, davon 5,6 Millionen Euro für die Ausstattung mit hochmodernen Forschungsgeräten. Der Neubau ist eine der Voraussetzungen dafür, dass sich das erfolgreiche Wachstum des Instituts in Halle weiter fortsetzen kann. Zwei Drittel der geplanten neuen Arbeitsplätze sind für wissenschaftliche Mitarbeiter vorgesehen. Das derzeitige Institutsgebäude Heideallee 19 wird nach Fertigstellung des Neubaus weiterhin als Labor- und Bürogebäude genutzt. Die Beschäftigten, die in den derzeit angemieteten drei Objekten arbeiten, werden nach Baufertigstellung in den Neubau Walter-Hülse-Straße umziehen.

»Plaste und Elaste aus Schkopau« – Über zehn Meter hoch prangte diese Leuchtreklame zu DDR-Zeiten neben der Autobahn. Sie warb für die Chemischen Werke Buna im mitteldeutschen Chemiedreieck. In diesem Umfeld haben die Fraunhofer-Institute für Angewandte Polymerforschung IAP und für Werkstoffmechanik IWM ein Pilotanlagenzentrum (PAZ) zur Synthese und Verarbeitung von Polymeren aufgebaut. Am 22. Juni 2005 war die offizielle Eröffnung. Das Zentrum ermöglicht Forschung und Entwicklung entlang der gesamten Wertschöpfungskette – angefangen vom Monomer bis zum fertigen Kunststoffbauteil. Integriert ist das PAZ in den ValuePark Schkopau der Dow Olefinverbund GmbH.

In dem für 8,3 Millionen Euro errichteten Erweiterungsbau des Merseburger Innovations- und Technologiezentrums »mitz II« hat die Fraunhofer-Gesellschaft dafür 1700 m<sup>2</sup> angemietet.

Neben Labor- und Büroräumen nehmen die technischen Anlagen knapp zwei Drittel dieser Fläche ein: ein über ein zentrales Prozessleitsystem gesteuertes Synthesetechnikum und ein Verarbeitungstechnikum.

Um mit den Investitionsmitteln von etwa 19 Millionen Euro eine möglichst vielseitige Syntheseanlage aufzubauen, wurde ein modulares Konzept entwickelt: Viele Anlagenteile lassen sich miteinander kombinieren und so mehrfach nutzen. Für die Verarbeitung bietet das PAZ klassische Verfahren wie Extrusion und Spritzguss. In der Zwischenzeit sind Kooperationen mit benachbarten Unternehmen, wie dem Kunststoffhersteller Domo in Leuna und der in Schkopau ansässigen Dow Chemical Company aber auch bekannten Unternehmen aus dem Bereich Polymerverarbeitung wie Krauss-Maffei oder Berstorff vereinbart. Mit kleineren Unternehmen direkt aus dem Value Park laufen Verhandlungen.



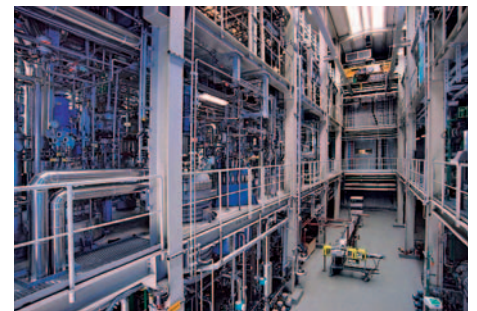
Die Bodenplatte des Neubaus Ende Oktober 2005.



Das neue Institutgebäude wächst.



Schwerpunkt des Fraunhofer IWM im PAZ ist die Polymerverarbeitung. Die Abbildung zeigt einen Compounder.



Das Fraunhofer IAP kümmert sich mit sieben Prozesslinien um die Polymersynthese.

Für hervorragende wissenschaftliche Leistungen auf dem Gebiet der Werkstoffmechanik im Rahmen von Diplomarbeiten, Promotionen oder Veröffentlichungen bzw. für Arbeiten von besonderem innovativen Charakter wird anlässlich der Kuratoriumssitzung des Fraunhofer IWM der Werkstoffmechanikpreis verliehen.

Die drei nominierten Themen in 2005 waren

- Entspiegelung von Kunststoffkomponenten direkt im Formgebungsprozess (Dr. Frank Burmeister)
- Festigkeit und Zuverlässigkeit von Silicium-Glaslotverbindungen (Christian Dresbach)
- Modellierung der Textur- und Anisotropieentwicklung beim Walzen – Kopplung der Finite-Elemente-Methode mit mikrostrukturbasierten Modellen (Dr. Tom Walde)

Der Werkstoffmechanikpreis 2005 wurde an Dr. Tom Walde verliehen.

## Entspiegelung von Kunststoffkomponenten direkt im Formgebungsprozess (Dr. Frank Burmeister)

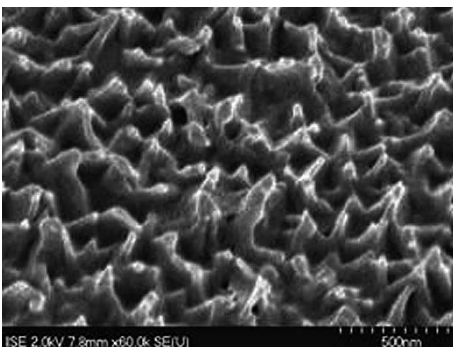
Bei vielen Abdeckscheiben aus Kunststoff treten störende, teilweise sogar sicherheitskritische Reflexionen auf und erschweren das Ablesen einer Anzeige. Konventionelle Entspiegelungsmethoden, wie z.B. über Interferenzschichten, sind speziell für Kunststoffoptiken zu aufwändig und zu kostenintensiv. Kleinste Oberflächenstrukturen im 100 nm Bereich, so genannte Mottenaugenstrukturen, könnten jedoch die Lösung dieses Problems darstellen, da sie Reflexionen an Oberflächen sehr effektiv unterdrücken können. Ziel der Arbeiten war

es deshalb, nach diesem Prinzip eine Entspiegelung der Oberflächen von Kunststoffkomponenten direkt im Formgebungsprozess vorzunehmen.

Dazu wurden spezielle Hartstoffbeschichtungen entwickelt, die

- über einen selbstorganisierten Prozess eine den Mottenaugen ähnliche Oberflächenstruktur ausbilden und
- über eine für Replikationsverfahren, wie z.B. Spritzgießen, ausreichende thermische und mechanische Stabilität verfügen.

Die im PVD-Verfahren hergestellten Schichten lassen sich direkt auf Werkzeugeinsätzen für die Spritzgießfertigung abscheiden und ermöglichen so die Herstellung und Funktionalisierung von Kunststoffkomponenten mit optischer Funktion direkt in einem Schritt. Die wesentlichen Herausforderungen in der Schicht- und Materialentwicklung lagen dabei zum einen in der Steuerung der abscheidetechnischen Parameter zur Ausbildung optisch wirksamer Strukturen mit hohen Aspektverhältnissen, zum anderen in der Optimierung des Adhäsionsverhaltens der Schichten gegenüber heißen Polymerschmelzen.



Durch Abformung einer nanostrukturierten Werkzeugoberfläche hergestellte PMMA-Oberfläche. Displayelemente können dadurch entspiegelt werden.

### Festigkeit und Zuverlässigkeit von Silicium-Glaslotverbindungen (Christian Dresbach)

Das Sealglas-Bonden hat als neues Fügeverfahren für den Aufbau von Mikrosystemen eine große Bedeutung erlangt. Damit lassen sich Einhausungen mikromechanischer Sensoren bis hin zu hermetischen Verkapselungen kostengünstig realisieren. Der Fügeprozess beruht dabei auf dem Einsatz neu entwickelter Glasfritten, mit denen eine glaslotähnliche Verbindung bei relativ geringen Prozesstemperaturen um 400 °C erreicht werden kann.

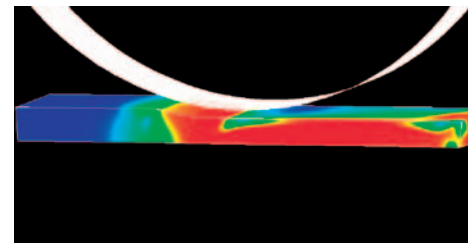
Für Anwendungen im Automobilbau (z.B. Beschleunigungs- und Drehraten-sensoren) muss dabei eine Zuverlässigkeit über einen Zeitraum von 15 bis 20 Jahren garantiert werden. Daher ist es erforderlich, die zu erwartende Lebensdauer unter Berücksichtigung der technologie- und einsatzbedingten Beanspruchungen, wie Eigenspannungen nach dem Bondprozess, thermomechanische Belastungen und Vibrationen im Einsatz, bei der Auslegung vorhersagen zu können.

In den Untersuchungen wurde gezeigt, dass die Lebensdauer von mechanisch belasteten Sealglasverbindungen durch Effekte der Spannungsrissskorrosion bzw. des subkritischen Risswachstums begrenzt ist. Für eine quantitative Prognose mittels vorhandener bruchmechanischer Modelle ist es erforderlich, einerseits die relevanten Beanspruchungen im Sensor und andererseits die den Risswachstumsprozess bzw. das Versagen beschreibenden Werkstoffparameter des Sealglas-Materials zu erfassen.

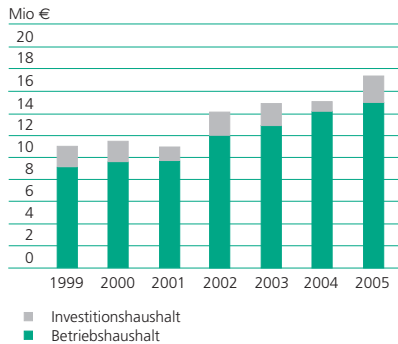
### Modellierung der Textur- und Anisotropieentwicklung beim Walzen – Kopplung der Finite-Elemente-Methode mit mikrostrukturbasierten Modellen (Dr. Tom Walde)

Der Gefügeparameter der Textur ist von entscheidender Bedeutung für die Anisotropie der mechanischen Eigenschaften von Halbzeugen und Bauteilen. In den Modellrechnungen wurden Modelle zur Beschreibung der Verformungs- und Rekristallisationstexturentwicklung sowie verschiedene Ansätze zur Beschreibung des Verfestigungsverhaltens der den Werkstoff konstituierenden Einkristalle verwendet. Die Simulation der Verformungstexturentwicklung wurde für verschiedene Werkstoffe durchgeführt, wogegen sich die Modellierung der Rekristallisationstexturentwicklung auf die Magnesiumlegierung AZ31 konzentrierte.

Die durchgeführte Kopplung der kontinuumsmechanischen Ebene der Finite-Elemente-Simulation mit einem Texturmodell, welches wiederum mit einem versetzungsdichtenbasierten Verfestigungsmodell verbunden ist, ermöglicht eine Simulation über verschiedene Längenskalen. Die Orientierungsverteilung und die zugehörigen Versetzungsdichten entwickeln sich mit der Verformungsgeschichte des Werkstücks und sind zwei geeignete Parameter, um die Form und die Größe der Fließfläche eines Werkstoffs zu bestimmen. Sie sind deshalb auch geeignet, um in einer Prozesskettensimulation von einer Prozessstufe an die nächste übergeben zu werden. Somit kann der Einfluss vorangegangener Bearbeitungsschritte berücksichtigt und die resultierenden Bauteileigenschaften in Abhängigkeit von einzelnen Prozessparametern vorhergesagt werden.



Simulation des Walzens von Blech.

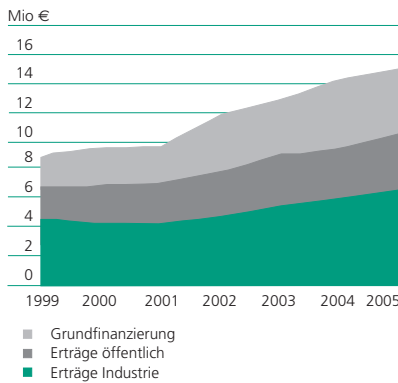


Der Haushalt des Fraunhofer IWM setzt sich zusammen aus einem Betriebshaushalt und einem Investitionshaushalt.

Im Betriebshaushalt sind alle Personal- und Sachaufwendungen enthalten. Diese werden finanziert durch externe Erträge und institutionelle Förderung (Grundfinanzierung).

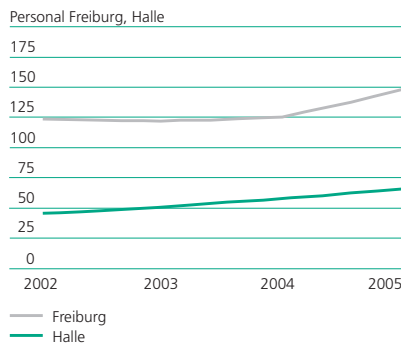
Der Investitionshaushalt umfasst Normalinvestitionen, strategische Investitionen und Projektinvestitionen.

In 2005 wurden 2,3 Mio Euro investiert.

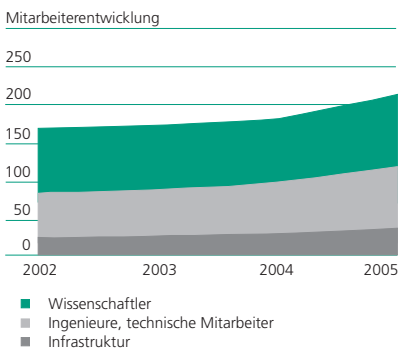


Der Betriebshaushalt ist weiter gewachsen. Er beläuft sich (Ende 2005) auf knapp 15 Mio Euro.

Der Anteil der Industrieerträge zur Finanzierung des Betriebshaushalts liegt bei 44 Prozent.



Ende 2005 waren am Fraunhofer IWM 212 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter beschäftigt, davon 147 in Freiburg und 65 in Halle.



2005 waren in Freiburg und Halle insgesamt 95 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler tätig, 82 Ingenieure und technische Mitarbeiter und 35 Beschäftigte im Bereich der Infrastruktur.

	IWM	Freiburg	Halle
Betriebshaushalt	15,0	10,6	4,4
Erträge gesamt	10,5	7,5	3,0
davon Erträge Industrie	6,6	4,7	1,9
davon Erträge öffentlich	3,9	2,8	1,1
Grundfinanzierung	4,7	3,2	1,5

Alle Zahlen in Mio. Euro, basierend auf Hochrechnungen (Stand November 2005).

# Fraunhofer IWM - Kuratorium 2005

## Kuratoren

Dr. Rudold Stauber (Vorsitzender)  
*BMW AG, München*

Prof. Dr. Christina Berger  
*Technische Universität Darmstadt*

Dipl.-Ök. Wolfgang Böhm  
Staatssekretär  
*Kultusministerium des Landes  
Sachsen-Anhalt, Magdeburg*

Dipl.-Ing. Siegfried Glaser  
*Glaser FMB GmbH & Co. KG,  
Beverungen*

Prof. Dr. Ulrich M. Gösele  
*Max-Planck-Institut für  
Mikrostrukturphysik, Halle*

MR Gerd Heitmann  
*Wirtschaftsministerium des Landes  
Baden-Württemberg, Stuttgart*

Dr. Roland Langfeld  
*Schott Glas, Mainz*

Prof. Dr. Detlef Löhe  
*Technische Universität Karlsruhe*

Prof. Dr. Ingrid Mertig  
*Martin-Luther-Universität  
Halle-Wittenberg*

Dr. Christoph Mülhaus  
*DOW Olefinverbund GmbH,  
Merseburg*

Prof. Dr. Rolf Mülhaupt  
*Albert-Ludwigs-Universität Freiburg*

Dr. Lorenz Siegel  
*Sinterstahl GmbH, Füssen*

Dr. Thomas P. Wand  
*Zumtobel Staff GmbH  
Dornbirn, Österreich*

Dr. Burkhard Wördenweber  
*Visteon Deutschland GmbH, Kerpen*

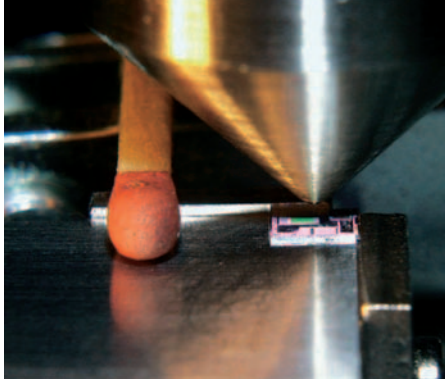
# Organisation und Ansprechpartner

<b>Institutsleiter</b>	Prof. Dr. Peter Gumbsch	+49 (0) 7 61 / 51 42-1 00	peter.gumbsch@iwm.fraunhofer.de
<b>Leiter Institutsteil Freiburg</b>	Dr. Thomas Hollstein	+49 (0) 7 61 / 51 42-1 21	thomas.hollstein@iwm.fraunhofer.de
<b>Leiter Institutsteil Halle</b>	Prof. Dr. Dieter Katzer	+49 (0) 3 45 / 55 89-1 00	dieter.katzer@iwmh.fraunhofer.de
<b>Marketing, Öffentlichkeitsarbeit</b>	Thomas Götz	+49 (0) 7 61 / 51 42-1 53	thomas.goetz@iwm.fraunhofer.de
<b>Hochleistungswerkstoffe und Tribosysteme</b>	Dr. Thomas Hollstein	+49 (0) 7 61 / 51 42-1 21	thomas.hollstein@iwm.fraunhofer.de
Verschleißschutz, Tribologie und technische Keramik	Dr. Ralf Westerheide	+49 (0) 7 61 / 51 42-2 06	ralf.westerheide@iwm.fraunhofer.de
Verbundwerkstoffe	Dr. Bärbel Thielicke	+49 (0) 7 61 / 51 42-1 92	baerbel.thielicke@iwm.fraunhofer.de
Biomedizinische Materialien und Implantate	Dr. Raimund Jaeger	+49 (0) 7 61 / 51 42-2 84	raimund.jaeger@iwm.fraunhofer.de
Randschichttechnologien	Dr. Wulf Pfeiffer	+49 (0) 7 61 / 51 42-1 66	wulf.pfeiffer@iwm.fraunhofer.de
<b>Sicherheit und Einsatzbewertung von Bauteilen</b>	Dr. Dieter Siegele	+49 (0) 7 61 / 51 42-1 16	dieter.siegele@iwm.fraunhofer.de
Fahrzeugsicherheit, Leichtbau	Dr. Michael Luke	+49 (0) 7 61 / 51 42-3 38	michael.luke@iwm.fraunhofer.de
Anlagensicherheit, Bruchmechanik	Dr. Dieter Siegele	+49 (0) 7 61 / 51 42-1 16	dieter.siegele@iwm.fraunhofer.de
Schweißverbindungen	Dr. Dieter Siegele	+49 (0) 7 61 / 51 42-1 16	dieter.siegele@iwm.fraunhofer.de
Crashsimulation, Schädigungsmechanik	Dr. Dong-Zhi Sun	+49 (0) 7 61 / 51 42-1 93	dong-zhi.sun@iwm.fraunhofer.de
<b>Komponenten der Mikrosystemtechnik und Nanotechnologien</b>	Prof. Dr. Dieter Katzer	+49 (0) 3 45 / 55 89-1 00	dieter.katzer@iwmh.fraunhofer.de
Diagnose und Bewertung von Mikrosystemen	Dr. Matthias Petzold	+49 (0) 3 45 / 55 89-1 30	matthias.petzold@iwmh.fraunhofer.de
Mikromechanische Komponenten	Dr. Jörg Bagdahn	+49 (0) 3 45 / 55 89-1 29	joerg.bagdahn@iwmh.fraunhofer.de
Biologische Materialien und Grenzflächen	Dr. Andreas Heilmann	+49 (0) 3 45 / 55 89-1 80	andreas.heilmann@iwmh.fraunhofer.de

<b>Werkstoffbasierte Prozess- und Bauteilsimulation</b>	Prof. Dr. Hermann Riedel	+49 (0) 7 61 / 51 42-1 03	hermann.riedel@iwm.fraunhofer.de
Pulvertechnologie	Dr. Torsten Kraft	+49 (0) 7 61 / 51 42-2 48	torsten.kraft@iwm.fraunhofer.de
Formgebungs- und Umformprozesse	Prof. Dr. Hermann Riedel	+49 (0) 7 61 / 51 42-1 03	hermann.riedel@iwm.fraunhofer.de
Hochtemperaturverhalten Metalle	Dr. Ralf Mohrmann	+49 (0) 7 61 / 51 42-1 58	ralf.mohrmann@iwm.fraunhofer.de
Kompetenzzentrum für Bauteilsimulation SimBAU	Dr. Winfried Schmitt	+49 (0) 7 61 / 51 42-1 04	winfried.schmitt@iwm.fraunhofer.de
Physikalische Werkstoffmodellierung	Prof. Dr. Christian Elsässer Priv.-Doz. Dr. Michael Moseler	+49 (0) 7 61 / 51 42-2 86 +49 (0) 7 61 / 51 42-3 32	christian.elsaesser@iwm.fraunhofer.de michael.moseler@iwm.fraunhofer.de
<b>Komponenten mit funktionalen Oberflächen</b>	Dr. Günter Kleer	+49 (0) 7 61 / 51 42-1 38	guenter.kleer@iwm.fraunhofer.de
Trenntechniken, schadigungsarme Bearbeitung	Dr. Rainer Kübler	+49 (0) 7 61 / 51 42-2 13	rainer.kuebler@iwm.fraunhofer.de
Heißformgebung Glas	Dr. Peter Manns	+49 (0) 7 61 / 51 42-1 35	peter.manns@iwm.fraunhofer.de
Beschichtungen, Oberflächenstrukturierungen	Dr. Günter Kleer	+49 (0) 7 61 / 51 42-1 38	guenter.kleer@iwm.fraunhofer.de
<b>Polymeranwendungen</b>	Dr. Peter Lühe	+49 (0) 3 45 / 55 89-4 35	peter.luehe@iwmh.fraunhofer.de
Polymerverarbeitung	Dr. Michael Busch	+49 (0) 3 45 / 55 89-1 11	michael.busch@iwmh.fraunhofer.de
Einsatzverhalten von Polymerwerkstoffen und Bauteilen	Dr. Peter Lühe	+49 (0) 3 45 / 55 89-4 35	peter.luehe@iwmh.fraunhofer.de
<b>Kompetenzzentrum für Mikrostruktur- und Schadensanalyse</b>	Dr. Simone Schwarz	+49 (0) 7 61 / 51 42-1 17	simone.schwarz@iwm.fraunhofer.de
<b>Freiburger Zentrum für crash-relevante Werkstoffcharakterisierung crashMAT</b>	Dr. Michael Luke	+49 (0) 7 61 / 51 42-3 38	michael.luke@iwm.fraunhofer.de
<b>Fraunhofer-Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und Polymerverarbeitung PAZ</b>	Dr. Peter Lühe	+49 (0) 3 45 / 55 89-4 35	peter.luehe@iwmh.fraunhofer.de



# Kernkompetenzen des Fraunhofer IWM

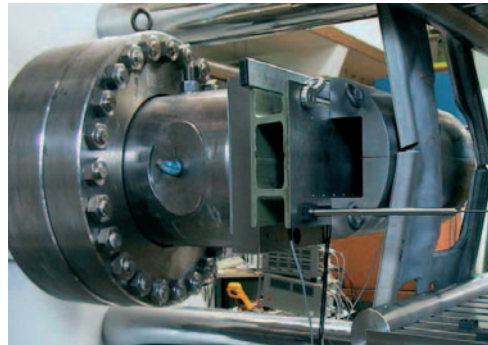


5 mm

In der Mikroelektronik werden zunehmend dünne Siliciumsubstrate eingesetzt, die während der Fertigung und im Einsatz mechanischen Belastungen widerstehen müssen. Ausgehend von mechanischen Testverfahren und numerischen Simulationstechniken werden Bewertungsmethoden entwickelt, die eine zuverlässige und genaue Charakterisierung des Festigkeits- und Verformungsverhaltens dünner Wafer und Chips gestatten.

# Werkstoff- und Bauteilcharakterisierung

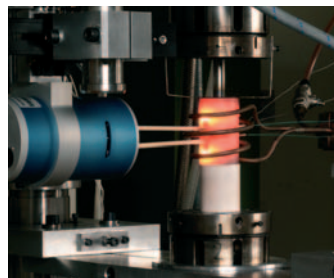
Großformatige Bauteile werden geprüft, um Festigkeitsanalysen oder Einsatzbewertungen durchzuführen. Durch optische Messsysteme bzw. in situ Datenaufnahme werden Schädigungsorte und Schädigungszeitpunkte erfasst.



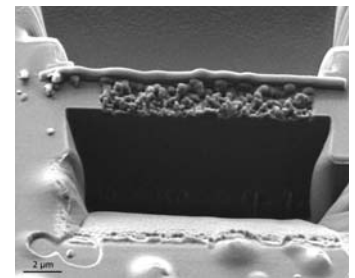
Reibversuche zur tribologischen Charakterisierung von Reibpaarungen für Hochtemperaturanwendungen z.B. in Verbrennungsmotoren oder bei Umformvorgängen liefern Aussagen über Reibkoeffizienten, Verschleißvorgänge und Verschleißart.



Die Ursache von Schadensfällen aufzuklären und Maßnahmen zu deren nachhaltiger Vermeidung abzuleiten, erfordert ein hohes Maß an Werkstoff- und Prozessverständnis. Die Auswirkungen unterschiedlicher Bearbeitungsschritte (Zerspanung, Umformen, Fügen, Wärmebehandlung) sind ebenso zu beurteilen wie die Beanspruchungen im Einsatz.



Die Lebensdauer von thermisch und mechanisch beanspruchten Bauteilen wird durch das Wachsen von Mikrorissen begrenzt. Das Kriechverhalten und das Verhalten bei zyklischer Belastung werden untersucht. Das gemessene Verformungsverhalten und die erreichten Zyklenzahlen bis zur Schädigung dienen auch als Eingangsdaten für Lebensdauermodelle.



Durch den Einsatz der fokussierenden Ionenstrahltechnik sind Zielpräparationen, hochauflösende Analysen und Materialbearbeitungen im Bereich weniger Nanometer möglich. Das Verfahren erlaubt u.a. die Layoutmodifizierung für die Entwicklung mikroelektronischer und mikromechanischer Bauteile.

Die Werkstoffcharakterisierung umfasst neben der Ermittlung von globalen mechanischen, thermomechanischen und elektromechanischen Kennwerten die quantitative Beschreibung von Reaktions-, Verformungs- und Versagensmechanismen in Korrelation zur Mikrostruktur und zu strukturellen Prozessen auf allen Größenskalen. Dabei werden auch lokal variierende Werkstoffeigenschaften berücksichtigt. Die verschiedenen auf den Werkstoff einwirkenden Belastungen werden messtechnisch erfasst, und die Grenzen der Beanspruchbarkeit werden ermittelt. Daraus werden Maßnahmen zur Leistungssteigerung abgeleitet oder Herstellungsprozesse bzw. Bearbeitungsschritte optimiert. Je nach Materialeigenschaften und Aufgabenstellung werden klassische Prüfverfahren angepasst und eingesetzt oder neue Charakterisierungsverfahren entwickelt, wie sie z.B. für Werkstoffe der Mikrotechnik oder für biologische und medizintechnische Materialien nötig sind. Auf der Werkstoffcharakterisierung basierend werden die den numerischen Simulationen zu Grunde liegenden Werkstoffmodelle entwickelt sowie entsprechende Materialparameter gewonnen.

Für mikroskalige Bauteile werden die Werkstoffstruktur und das Werkstoffverhalten bis in den Bereich der atomaren Auflösung mit mikroskopischen, mikroanalytischen und festkörperspektroskopischen Diagnoseverfahren beschrieben. Die Techniken werden für die Fehlerdiagnostik und Schwachstellenanalyse von höchstintegrierten Schaltkreisen und Bauelementen der Mikroelektronik, von Sensoren und Aktuatoren in der Mikrosystemtechnik und von Mikrobauteilen eingesetzt.

Wenn vorhandene bzw. verfügbare Verfahren an ihre Grenzen stoßen, werden neue Verfahren für die Fehlerlokalisierung, die hochpräzise Zielpräparation und die Mikroanalyse entwickelt. Schwerpunkte sind elektronenoptische, röntgenanalytische und thermografische Verfahren (z.B. Transmissions- und Rasterelektronenmikroskopie, Nanospot-EDX, Lock-in-Thermographie) sowie fokussierende Ionenstrahltechniken (FIB).

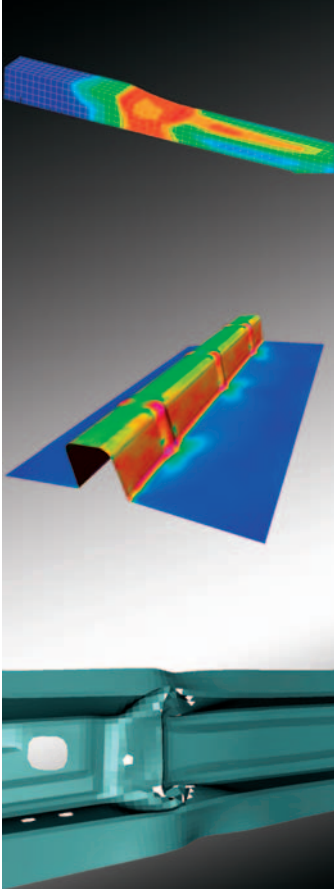
Die zunehmende Bedeutung werkstoffkundlicher Fragestellungen in den Lebenswissenschaften erfordert die Anwendbarkeit vorhandener Konzepte der unbelebten auf die belebte Materie.

Bei der Bauteilprüfung steht die experimentelle Verifizierung des Bauteilverhaltens unter praxisnahen und realen Einsatzbedingungen sowie von postulierten Störfällen oder Sonderbeanspruchungen im Vordergrund. Ziele sind Abschätzungen zur Lebensdauer und Betriebssicherheit von Bauteilen unter Berücksichtigung von Werkstoff, Fehlerzustand, Umgebungseinfluss und Belastung. Schadensanalysen werden durchgeführt und Lösungen für die Schadensvermeidung erarbeitet.

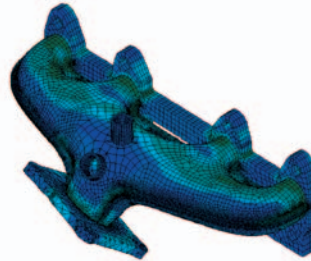
#### **Ansprechpartner**

Dr. Ralf Westerheide  
Telefon: 07 61 / 51 42-2 06  
ralf.westerheide@iwm.fraunhofer.de

Dr. Matthias Petzold  
Telefon: 03 45 / 55 89-1 30  
matthias.petzold@iwmh.fraunhofer.de



Oft variieren lokale Werkstoffeigenschaften infolge des Herstellungsprozesses so stark, dass dies in der Bauteilbewertung berücksichtigt werden muss. Das Fraunhofer IWM hat Methoden entwickelt, mit denen Materialdaten verschiedener Skalen miteinander verknüpft werden und die eine durchgängige Prozessketten-Simulation ermöglichen.

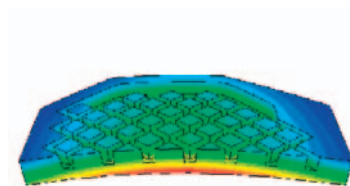


Automobil-Abgasanlagen werden weitgehend durch Bau von Prototypen und Bauteiltests, also über Versuch und Irrtum entwickelt, da konventionelle Lebensdauermodelle keine brauchbaren Vorhersagen liefern. Dazu wurde ein Modell zur Lebensdauervorhersage unter Bedingungen thermozyklischer Ermüdung entwickelt. Damit können Abgaskrümmen und ähnliche Komponenten weitgehend im Computer entwickelt werden.

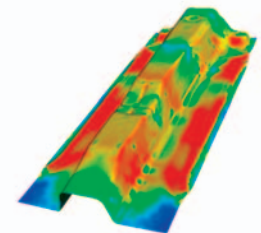


Das Versagensverhalten eines Werkstoffs unter Crashbelastung hängt stark vom Belastungstyp (Zug, Druck oder Scherung) und der Dehnrate ab. Zentrale Fragen bei der Modellierung sind, welches Versagensmodell diese Einflüsse auf das Materialversagen beschreibt und wie die entsprechenden Versagensparameter bestimmt werden können. Im Fraunhofer IWM wurde eine Bewertungskette entwickelt, die von der Charakterisierung des Werkstoffs bis zum Versagen, der Bestimmung von Versagensparametern durch Simulation und der Verifikation dieses Versagensmodells durch Komponententests und Crashesimulation reicht.

# Werkstoffmodellierung und Simulation



Durch numerische Simulation wird der Sinterverzug von pulvertechnologisch hergestellten Bauteilen vorhergesagt. Durch entsprechende Optimierung der Werkzeugform können so formgenaue und rissfreie Bauteile hergestellt werden.



Von den häufigsten Problemen beim Tiefziehen (Reißen, Faltenbildung, Rückfedern) ist das Rückfedern am schwierigsten vorherzusagen. Dies verursacht nicht nur Probleme bei der Auslegung von Werkzeugen für konventionelle Bleche, sondern es erschwert die Einführung neuer Leichtbauwerkstoffe, deren Rückfederverhalten sehr ausgeprägt sein kann. Das Fraunhofer IWM hat ein Konzept für eine bessere Vorhersage des Rückfederns entwickelt.

Die Entwicklung von Werkstoffgesetzen und Schädigungsmodellen ist die Grundlage für die Simulation des Einsatzverhaltens von Bauteilen und von Fertigungsprozessen. Die Werkstoffgesetze basieren auf atomistischen, mikromechanischen, phänomenologischen oder statistischen Konzepten und beschreiben das Verformungs-, Schädigungs- und Bruchverhalten unter verschiedensten Belastungen. Der Modellkatalog reicht von werkstoffphysikalischen Modellen zur Beschreibung von Keimbildungsprozessen über mikromechanische Modelle für duktile Schädigung von Leichtbauwerkstoffen, Spröbruchmodelle für Stähle und Gusswerkstoffe, Keramiken und Gläser bis zu Werkstoffmodellen für Verformungen unter Crash- und Kriechbedingungen oder zyklischer thermomechanischer Belastung. Für die Beschreibung mehrphasiger Werkstoffe stehen verschiedene Methoden zur Bewertung von Struktur-Eigenschaftsbeziehungen zur Verfügung.

Durch die wissenschaftliche Beherrschung von gesamten Prozessketten kann bei der Prozesssimulation aber auch der anschließenden Bauteilsimulation eine wesentlich größere Vorhersagegenauigkeit erzielt werden. Daher werden neben dem Betriebsverhalten von Bauteilen auch die Herstellungsverfahren simuliert. Dazu gehören Bearbeitungsvorgänge wie Umformen, Schneiden und Trennen, aber auch die Simulation der thermomechanischen Werkstoffbeeinflussung durch das Schweißen und die Wärmebehandlung. In der Pulvertechnologie werden das Matrizenpressen, Extrudieren, Trocknen, Entbindern und Sintern simuliert.

Die Simulationsergebnisse fließen in die Auslegung von Werkzeugen, die Prozessführung und die Bauteilbewertung unter Einsatzbedingungen ein. Die Simulation von Bauteilen liefert Aussagen zu deren Sicherheit und Restlebensdauer sowie

zur Entstehung von Rissen oder Verformungen unter gegebenen oder postulierten Belastungen. Eine zunehmend wichtige Anwendung bilden die Bewertung und Optimierung von Schichten und Schichtsystemen.

Bei der Crashsimulation führt die Anwendung von übertragbaren Versagensmodellen zu einer Steigerung der Prognosefähigkeit. Fügeverbindungen wie Schweißpunkte und Klebverbindungen sind Schwachstellen in einem Fahrzeug. Für die Crashsimulation von Bauteilen mit diesen Fügeverbindungen werden Ersatzmodelle mit verschiedenen Versagenskriterien entwickelt.

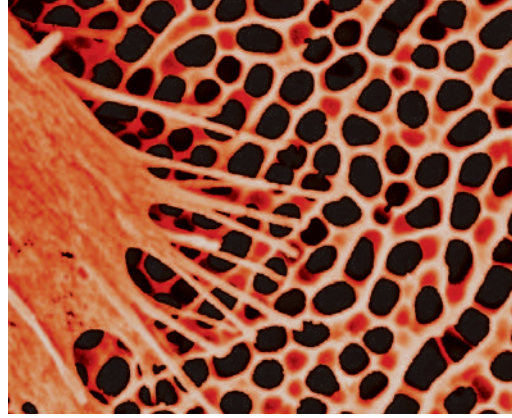
In der Mikrosystemtechnik und Mikroelektronik werden vorrangig an belasteten Siliciumstrukturen, an gebondeten Grenzflächen sowie an dünnen Halbleiterkomponenten, an elektrischen Kontaktierungen und an Mikrogehäusen die Festigkeit und Zuverlässigkeit untersucht. Zur Berücksichtigung der Auswirkung von Materialinhomogenitäten wird an Stellen hoher mechanischer Belastung die reale Kornstruktur integriert. Mit Methoden der Systemidentifikation werden Materialparameter aus spezifisch entwickelten Tests und fertigungsbegleitenden Prüfsequenzen ermittelt.

#### **Ansprechpartner**

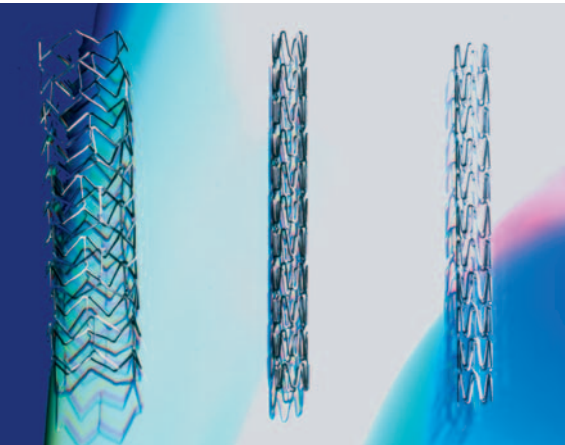
Prof. Dr. Hermann Riedel  
Telefon: 07 61 / 51 42-1 03  
hermann.riedel@iwm.fraunhofer.de

Dr. Winfried Schmitt  
Telefon: 07 61 / 51 42-1 04  
winfried.schmitt@iwm.fraunhofer.de

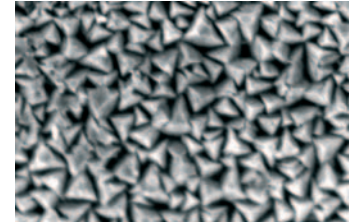
Durch anodische Oxidation von Aluminium können beidseitig offene, freitragende nanoporöse Aluminiumoxidmembranen mit parallelen, zur Membranoberfläche senkrechten Poren hergestellt werden. Die mittlere Porengröße ist gezielt zwischen 20 und 300 nm einstellbar. Das Bild zeigt eine vergrößerte Darstellung des Randes einer Leberzelle, an der das Einwachsen der Zelle in die Poren der Membran zu erkennen ist.



1  $\mu$ m



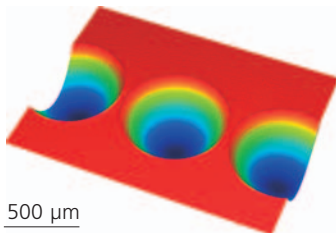
Beschichtungen für medizinische Implantate, zum Beispiel Koronarstents für den Einsatz bei der Arterienweiterung, müssen Ablagerungen und Zellwachstum verhindern. Zudem müssen die Schichtwerkstoffe für die Bewegungen und die Ausdehnungen der Stents konzipiert sein.



500 nm

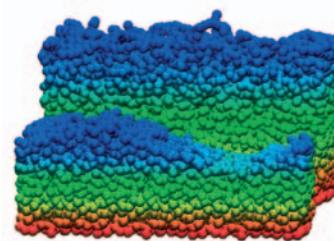
Nanostrukturierte Schichten und Strukturierungstechniken auf der Basis kolloidaler Masken werden entwickelt, um durch Heißabformtechniken kostengünstig reflexmindernde Oberflächenstrukturen zu erzeugen. Schichtmaterialien hoher Beständigkeit und mit antiadhäsiven, inertem Eigenschaften sind der Schlüssel, mit dem bei Heißabformprozessen das Verkleben der Werkzeuge mit der Glasschmelze vermieden werden kann.

# Grenzflächen- und Oberflächentechnologie



500  $\mu$ m

Auf der Basis des vom Fraunhofer IWM entwickelten Blankpressverfahrens für die Herstellung von asphärischen Linsen aus anorganischen optischen Gläsern für die Präzisionsoptik wurde ein neues Heißprägeverfahren entwickelt, mit dem mikrooptische Komponenten z.B. für optische Sensoren und Laserstrahlformung bei sehr kurzen Prozesszeiten hergestellt werden können.



Die mathematische Beschreibung der Entstehung und des Wachstums diamantähnlicher Kohlenstoffschichten macht den Weg frei für das virtuelle Design von Oberflächenstrukturen mit maßgeschneiderten Eigenschaften. Mit einem neuen Modell wurde erstmals geklärt, warum diamantähnliche dünne Kohlenstoffschichten fast atomar glatt sind.

Oberflächen und Randschichten von Bauteilen sind oft die am höchsten beanspruchten Bereiche und Träger optischer, chemischer und physikalischer Funktionen. Dieser herausragenden Bedeutung von Randschichten wird das IWM durch die Entwicklung und den Einsatz zielgerichteter Analysetechniken, werkstoffmechanisch basierter bzw. funktionsorientierter experimenteller und theoretischer Bewertungsverfahren gerecht. Zur Veränderung und Herstellung von Randschichten bzw. der Optimierung innerer Grenzflächen werden produktionstechnisch relevante Verfahren entwickelt und eingesetzt.

Es erfolgt eine umfassende festkörperanalytische Bewertung von Randschichtzuständen und Oberflächenfunktionalisierungen, z.B. der Plasmafunktionalisierung von Polymeroberflächen, die bis zu molekulardynamischen Modellierungen der Anlagerung von Molekülen auf den Oberflächen reicht.

Zu den »aktiven« Möglichkeiten der Grenzflächenoptimierung zählen die selektive anodische Oxidation zur Herstellung mikro- und nanostrukturierter Oberflächen, die mechanische Randschichtverfestigung durch Kugelstrahlen, die Abscheidung (funktionaler) Hartstoffschichten in reaktiven HF- und DC-Sputterprozessen und die plasmaunterstützte Abscheidung reib- und verschleißmindernder amorpher Kohlenwasserstoffschichten. Erfahrungen auf dem Gebiet der schädigungsarmen Bearbeitung von spröden

Werkstoffen durch Einzelkornbearbeitung werden genutzt, um auf eigenen Ultrapräzisionsdreh- und Fräsmaschinen optisch hochwertige Oberflächen herzustellen. Durch speziell für Polymerdünn-schichten anwendbare Beschichtungs- und Oberflächenmodifizierungsverfahren (dry and wet coating) können biokompatible Oberflächeneigenschaften eingestellt werden.

Zur Verfügung stehen dafür hochmoderne PVD-Anlagen (Doppelionenstrahltechnik, reaktives HF, MF- und DC-Sputtern, Elektronenstrahlverdampfen sowie reaktives Plasmaätzen und –beschichten), die zum Teil in einem Reinraum der Klasse 1000 integriert sind, mehrere, zum Teil kleinserienfähige PECVD-Beschichtungsanlagen sowie ein Kugelstrahllabor zur mechanischen Randschichtbehandlung.

#### **Ansprechpartner**

Prof. Dr. Andreas Heilmann  
Telefon: 03 45 / 55 89-1 80  
andreas.heilmann@iwmh.fraunhofer.de

Dr. Sven Meier  
Telefon: +49 (0) 7 61 / 51 42-2 33  
sven.meier@iwmh.fraunhofer.de

Dr. Frank Burmeister  
Telefon: +49 (0) 7 61 / 51 42-2 44  
frank.burmeister@iwm.fraunhofer.de

# Ausgewählte Forschungsergebnisse



Das Fraunhofer IWM arbeitet nach einem Qualitätsmanagementsystem, das nach DIN ISO 9001:2000 zertifiziert ist.  
(Zertifikat DO3 / 2316 / 3361)

Wir danken unseren Projektpartnern für die Bereitschaft, die aufgeführten Berichte veröffentlichen zu dürfen.



# Hochleistungswerkstoffe und Tribosysteme

Das Geschäftsfeld »Hochleistungswerkstoffe und Tribosysteme« erschließt für moderne Materialien wettbewerbsrelevante neue Anwendungsfelder und verbessert deren Gebrauchseigenschaften für den jeweiligen Anwendungsfall. Ziele sind Leistungssteigerungen oder neue Funktionen. Dazu müssen die auf den Werkstoff einwirkenden relevanten Belastungen genau ermittelt werden. Eine neue Werkstoff-Anwendungskombination erfordert zudem die exakte Kenntnis der Werkstoffeigenschaften. Hierfür kommen an den Praxisfall angepasste mechanische, tribologische und röntgenografische Prüfverfahren sowie elektronenmikroskopische Untersuchungsverfahren zum Einsatz. Sie tragen den unterschiedlichen Beanspruchungssituationen wie statischer oder wechselnder Belastung, korrosiver Umgebung oder wechselnden Temperaturen Rechnung. Gemessen und für das Werkstoffdesign und die Bauteilauslegung berücksichtigt werden auch spezifische Schädigungsmechanismen wie z.B. die langsame Risserweiterung in spröden Keramiken oder lokale Materialeigenschaften in Verbundwerkstoffen oder Werkstoffverbunden, deren Kenntnis für die präzise Ermittlung tolerierbarer Grenzbelastungen, Lebensdauern und erwarteter Versagensmuster notwendig sind. Bessere Gebrauchseigenschaften von Werkstoffen können durch eine Oberflächenbehandlung, wie beispielsweise durch eine Plasmabehandlung, durch Beschichten, Strukturieren oder Kugelstrahlen oder durch ein mikrostrukturorientiertes Werkstoffdesign erreicht werden.



**Dr. Ralf Westerheide**  
Verschleißschutz, Tribologie und  
technische Keramik

**Dr. Wulf Pfeiffer**  
Randschichttechnologien



**Dr. Bärbel Thielicke**  
Verbundwerkstoffe

**Dr. Raimund Jäger**  
Biomedizinische Materialien und  
Implantate

**Dr. Thomas Hollstein**  
Geschäftsfeldleiter

**Dr. Simone Schwarz**  
Kompetenzzentrum Mikrostruktur- und  
Schadensanalyse

## Diamantbeschichtete Keramiken für Wendschneidplatten, Ziehsteine und Gleitringe

### Aufgabenstellung

Das Fraunhofer IWM entwickelt und bewertet in einem vom BMBF geförderten Projekt gemeinsam mit drei weiteren Fraunhofer-Instituten und 12 Partnern aus der Industrie diamantbeschichtete Keramiken für die Pilotanwendungen Wendschneidplatten, Ziehsteine und Gleitringdichtungen. Das Spektrum der Arbeiten schließt die Herstellung der an die Erfordernisse der Diamantschichten angepassten Hochleistungskeramiken ebenso ein, wie die Entwicklung der an die jeweiligen tribologischen Erfordernisse angepassten Diamantschichten. Weitere Themen sind die Anpassung und Optimierung von Bearbeitungsverfahren und die Simulation und Charakterisierung des Einsatzverhaltens der Bauteile und Werkzeuge.

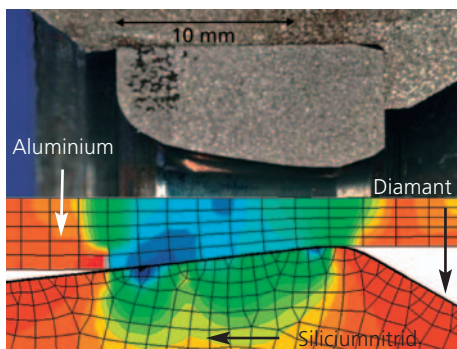


Abb. 1  
Simulation des Ziehens eines Aluminiumdrahtes mit Hilfe eines diamantbeschichteten Siliciumnitrid-Ziehsteins.

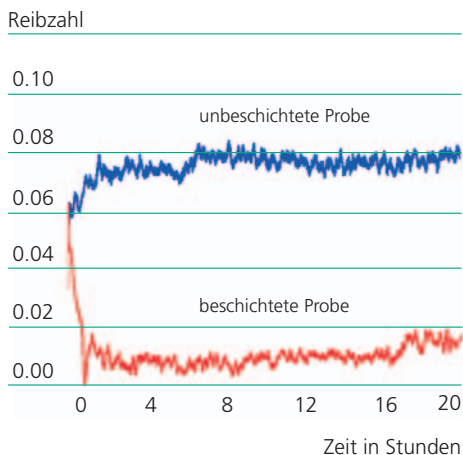


Abb. 2  
Vergleich des Reibwertverlaufs einer unbeschichteten und einer diamantbeschichteten Gleitringprobe aus Siliciumcarbid in Wasser. Gleitgeschwindigkeit: 7,6 m/s  
Flächenpressung: 1 MPa  
Wasserdruck: 1 bar

### Vorgehensweise

Ausgehend von der Definition eines schicht- und keramikgerechten Designs der Bauteile und Werkzeuge sowie der Entwicklung von Modellen für eine Lebensdauerprognose wird der Diamant-Keramik-Verbund quantitativ charakterisiert. Das Einsatzverhalten möglicher Bauteile wird mit Hilfe von Finite-Elemente-Modellen (Abb. 1) simuliert. Daraus werden Designvorschriften für ein möglichst optimales Einsatzverhalten abgeleitet. In realen Bauteilversuchen direkt am Fraunhofer IWM oder bei den Projektpartnern werden die Bauteile auf ihre Einsatztauglichkeit geprüft und mit konventionellen Lösungen verglichen.

### Ergebnisse

In früheren Arbeiten gemeinsam mit den Fraunhofer-Instituten IPK, IKTS und IST konnte gezeigt werden, dass der Verbund aus Diamantschicht und Keramik die in ihn gesetzten Erwartungen erfüllt. So wurde ermittelt, dass der Reibwert (z.B. für Gleitringdichtungen) durch Beschichtungen um den Faktor 5 gegenüber unbeschicht-

teten Werkstoffen abgesenkt werden kann (Abb. 2). Gleichzeitig ist damit eine höhere mechanische Belastung, sogar bei gesteigerter Lebensdauer möglich.

Auf der Basis der Simulation von Zerspanvorgängen mit beschichteten Schneiden wurden Werkzeuge entwickelt und hergestellt, die bei Zerspantests, die bei den Partnern an übereutektischen Aluminiumlegierungen durchgeführt wurden, eine deutlich längere Lebensdauer aufwiesen als die dem bisherigen Stand der Technik entsprechenden diamantbeschichteten Wendschneidplatten aus Hartmetall.

Diese positiven Ergebnisse lassen erwarten, dass im aktuellen Projekt weitere Standzeitverlängerungen und Eigenschaftsverbesserungen für die Ziehsteine, Wendschneidplatten und Gleitringdichtungen erreicht werden können.

Bernhard Blug  
bernhard.blug@iwm.fraunhofer.de

### Leistungsbereich Tribologie, Verschleißschutz und technische Keramik

Das Spektrum der Arbeiten reicht von der tribologischen Charakterisierung von Werkstoffen, Schichten und Schmiermitteln bis hin zur Modellierung und Erprobung des Einsatzverhaltens von tribologisch belasteten Bauteilen. Weitere Schwerpunkte sind die Charakterisierung und Optimierung von keramischen Werkstoffen und Komponenten.

Ansprechpartner:  
Dr. Ralf Westerheide  
ralf.westerheide@iwm.fraunhofer.de

# Experimentelle und numerische Untersuchungen zum Einsatz von piezoelektrischen Sensoren und Aktuatoren

## Ausgangssituation

Piezoelektrische Sensoren und Aktuatoren unterschiedlichster Bauweisen sind heute am Markt etabliert. Sie tragen zu verbesserten Eigenschaften von Bauteilen bei oder ermöglichen Funktionen, die mit anderen Technologien nicht realisierbar sind. Einsatzgebiete sind z.B. Schwingungsdämpfung und Geräuschminderung, Geometrieontrolle und Feinstpositionierung sowie Schadensdetektion. Die Umsetzung in adaptiven Systemen kann durch die Vorhersage des zu erwartenden Funktionsverhaltens der aktiven Bauteile sowie deren Lebensdauer vorangetrieben werden.

## Lösungsansatz

Auf der Basis von experimentellen und numerischen Methoden werden Bewertungskonzepte entwickelt, mit denen die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit unterschiedlicher piezoelektrischer Komponenten unter verschiedenen Einsatzbedingungen vorhergesagt werden können. Ziel bei der Entwicklung von Prüfkonzepten ist es, übertragbare und geometrieunabhängige Ergebnisse zu erhalten. Zur Untersuchung von flächigen Sensoren mit eingebetteten piezoelektrischen PZT-Fasern, -Stäbchen oder -Folien hat sich beispielsweise eine Belastung unter 4-Punkt-Biegung bewährt (Abb. 1). Damit ist eine Beanspruchung der auf unterschiedlichen Substraten applizierten Sensoren unter homogener Zug- oder Druckspannung und bei unterschiedlichen Frequenzen, Amplituden und Temperaturen möglich. Die Einsatzgrenzen (z.B. Bruchdehnung) werden unter quasistatischer und die Lebensdauern unter zyklischer Belastung ermittelt. Die dabei erzeugten Schädigungen (z.B. Risse in der Keramik) führen zur Degradation des Ladungssignals und sind auch mit akustischen und optischen Methoden nachweisbar. Experimentell nicht zugängliche Größen, wie z.B. die Bruch-

spannung der eingebetteten Keramik, werden durch begleitende numerische Berechnungen ermittelt, so dass Wöhler-Diagramme (Abb. 2) erstellt und zur Lebensdauervorhersage herangezogen werden können. Des Weiteren erlaubt die Finite-Elemente-Modellierung der gekoppelten elektromechanischen Eigenschaften eine gute Vorabschätzung der erreichbaren Aktuator- und Sensorwirkung der Komponenten.

## Nutzen

Durch die Kombination von Experiment und Modellierung können bereits in der Konzeptionsphase kostengünstige und zeitsparende Machbarkeitsstudien zur Leistungsfähigkeit und Lebensdauer von PZT-Sensoren und -Aktuatoren durchgeführt und notwendige Optimierungen im Hinblick auf deren Platzierung und Geometrie sowie die zu verwendenden aktiven Werkstoffe vorgenommen werden.

Monika Gall

monika.gall@iwm.fraunhofer.de

## Leistungsbereich Verbundwerkstoffe

Die Aufgaben bestehen in der mechanischen Charakterisierung und in Lebensdauervorhersagen von Verbundwerkstoffen und Werkstoffverbunden unter Einsatzbedingungen.

## Ansprechpartnerin:

Dr. Bärbel Thielicke

bärbel.thielicke@iwm.fraunhofer.de

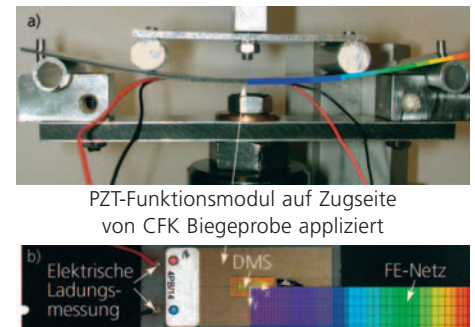


Abb. 1 Versuchsaufbau 4-Punkt-Biegung (a), CFK-Probe mit appliziertem PZT-Sensor (b) und überlagerte Finite-Elemente-Plots der z-Verschiebungen.

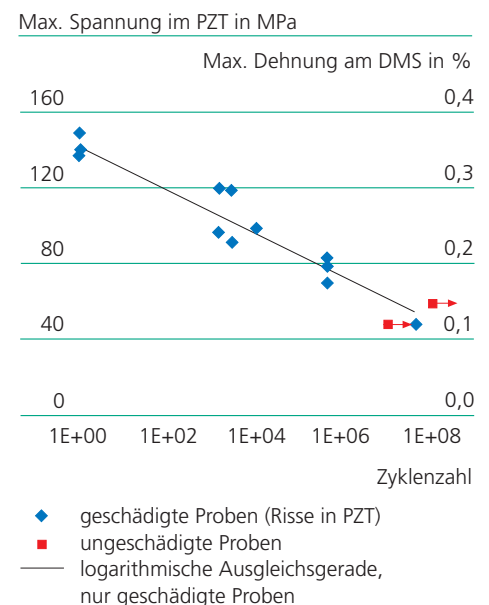


Abb. 2 Wöhler-Diagramm für PZT-Sensor; Versagenskriterium: Risse in der Keramik.

## Charakterisierung der mechanischen Eigenschaften von Dentalkompositen während der Aushärtung

### Aufgabenstellung

Lichthärtende Dentalkomposite gehen während der Aushärtung innerhalb weniger Minuten von einer leicht formbaren Paste in einen mechanisch und chemisch widerstandsfähigen Zahnersatzwerkstoff über. Trotz aller Entwicklungsbemühungen ist die Aushärtung der Komposite immer noch von einem Volumenschwund begleitet, der zu Eigenspannungen führt, die die Zuverlässigkeit der zahnärztlichen Restauration beeinträchtigen. Im ungünstigsten Fall führen diese Spannungen zum Abreißen der Füllung von der Kavitätenwand. Ziel der Arbeiten ist es, das komplexe Wechselspiel aus Polymerisationsschrumpfung, thermischer Expansion, zunehmender Steifigkeit und abnehmender Fließneigung des aushärtenden Materials so zu beschreiben, dass die relevanten Einflussgrößen, die zum Aufbau der Eigenspannungen in der Füllung führen, analysiert und zur Erhöhung der Zuverlässigkeit der Restauration optimiert werden können.

### Vorgehensweise

Die Analyse des Spannungsaufbaus in Dentalkompositen wird beginnend mit dem Einfluss der Beleuchtung auf die Lichthärtung über die Bestimmung und Simulation der Materialveränderung bis zur Bewertung des Verbunds zum natürlichen Zahnmaterial während der Härtung untersucht. Die Kinetik der Aushärtungsreaktion kann durch die Messung des zeitlichen Verlaufs der Volumenänderung untersucht werden. Eine präzise Wägung erfasst über Minuten minimale Änderungen der Auftriebskraft. Für die Analyse des Aushärtevorgangs wurde eine Apparatur entwickelt, mit der sich mechanische Eigenschaften untersuchen lassen, die sich innerhalb von Minuten um mehrere Größenordnungen ändern. Zur Bewertung der entstehenden Eigenspannungen ist die Kenntnis der Haftfestigkeit des Ver-

bunds Komposit-Zahnmaterial und der Festigkeiten der Verbundpartner notwendig: Überschreiten die Eigenspannungen eine der Festigkeiten, kommt es zum Versagen. Mit geeigneten Abzugsversuchen können die verschiedenen Aspekte getrennt und härtungsbegleitend untersucht werden.

### Ergebnisse

Lichthärtende Dentalkomposite werden in Abhängigkeit von den verschiedenen Materialparametern bewertet: Ein stark schrumpfendes Material kann dennoch ein gutes Einsatzverhalten zeigen, wenn der Schrumpfung bei niedrigem E-Modul erfolgt oder Spannungen durch Fließvorgänge abgebaut werden können. Füllungswerkstoffe mit hohem E-Modul bauen unter Umständen hohe Eigenspannungen auf. Die Messanordnungen erlauben weiterhin die Bewertung verschiedener zahnärztlicher Techniken. So kann der Einfluss unterschiedlicher Belichtungs Lampen und -techniken auf die Aushärtungskinetik und den Spannungsaufbau untersucht die Haftfestigkeit einzelner Kompositsschichten, bewertet werden.

Christof Koplin  
christof.koplin@iwmm.fraunhofer.de

**Leistungsbereich Biomedizinische Materialien und Implantate**  
Schwerpunkte sind die Zuverlässigkeit und das Einsatzverhalten biomedizinischer Materialien und Implantate. Zur Bewertung von Implantaten und Werkstoffen sowie zur Unterstützung ihrer Entwicklung werden geeignete Experimente und Simulationstechniken entwickelt.

**Ansprechpartner:**  
Dr. Raimund Jaeger  
raimund.jaeger@iwmm.fraunhofer.de

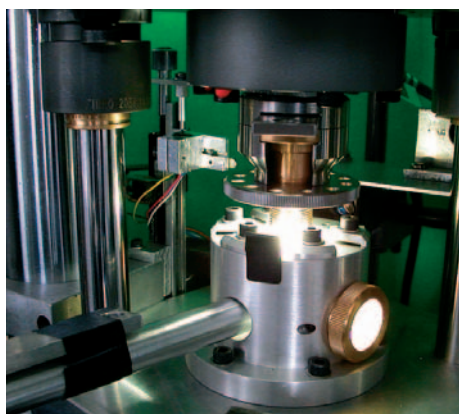


Abb. 1  
Der Messaufbau zur Bestimmung der sich über mehrere Dekaden ändernden mechanischen Eigenschaften während der Lichthärtung.

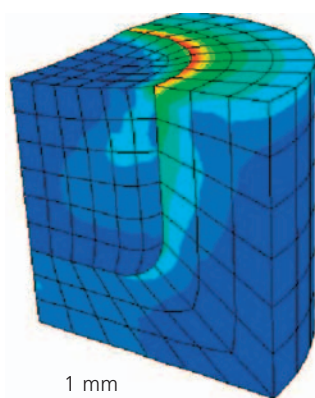


Abb. 2  
Ein Viertel einer simulierten idealisierten Füllungssituation. Die Schrumpfung und damit das Einsinken des Komposits sind überhöht dargestellt. Rot sind hier hohe Spannungen dargestellt, die besonders im Grenzbereich des umgebenden Zahnes auftreten und zur Randspaltbildung führen können.

# Röntgenographische Charakterisierung dünner Wolframdrähte

## Aufgabenstellung

Das Ziehen von Wolframdrähten für Beleuchtungseinrichtungen ist ein lange erprobter Prozess. Trotzdem kann nicht immer vermieden werden, dass Risse in den Drähten auftreten, welche die Produktion unterbrechen oder die Gebrauchseigenschaften verschlechtern. Es wird vermutet, dass die durch den Ziehprozess hervorgerufenen Eigenspannungen wesentlich an der Rissentstehung beteiligt sind. Das Fraunhofer IWM arbeitet zusammen mit Industriepartnern an der Perfektion der Produktion mit Hilfe der werkstoff- und prozessbasierten Bauteilsimulation und experimenteller Untersuchungen.

Die Herausforderung bei der röntgenographischen Ermittlung der Eigenspannungen in dünnen Wolframdrähten ist die Einhaltung der Fokussierungsbedingungen während der Messungen, die Elimination des Einflusses von Grobkornstrukturen und Texturen und das definierte schrittweise elektrochemische Abtragen dünner Randschichten zur Ermittlungen von Tiefenverteilungen.

## Vorgehensweise

Für die Ermittlung von Eigenspannungstiefenverteilungen in Wolframdrähten kommt nur das röntgenographische Verfahren in Frage. Von Vorteil für die Untersuchungen ist die Verfügbarkeit eines hochspezialisierten Mikrodiffraktometers im Fraunhofer IWM. Dieses Diffraktometer ist mit einer Hochleistungsrontgenröhre, einer lichtstarken Röntgenoptik und einem effizienten Flächendetektor ausgestattet. Die Justage des Bauteils im Diffraktometer erfolgt über ein Videomikroskop und einen 4-Achsen Koordinatentisch. Damit eine statistisch befriedigende Anzahl von Kristalliten zur Beugung beitragen, werden die Drähte axial um etwa 2 mm oszilliert. Die experimentelle Anordnung und die Messstrategie werden durch Referenz-

messungen an eigenspannungsfreien Präparaten und Wiederholungsmessungen an Drähten verifiziert.

## Ergebnisse

Durch Reduktion des Primärstrahldurchmessers auf 100 µm Durchmesser konnten Defokussierungseinflüsse auf die Eigenspannungsermittlung an Drähten bis unter 0,4 mm Durchmesser zuverlässig vermieden werden. Das entwickelte elektrochemische Abtragsverfahren erlaubt die homogene und präzise schrittweise Abdünnung der Drähte. Die Eigenspannungsermittlungen konnten mit einer Standardabweichung besser  $\pm 20$  MPa durchgeführt werden. Die Untersuchungen ergaben Druckeigenspannungen nahe der Oberfläche, die zu Zugeigenspannungen im Drahtinneren übergehen. Je dünner der Ausgangsdurchmesser der Drähte war, umso geringer waren die ermittelten Eigenspannungsbeträge.

## Leistungsbereich Randschichttechnologien

Ziele der Arbeiten sind die Charakterisierung und Bewertung von Randschichten und deren Einsatzverhalten, die Steigerung der Randschichtfestigkeit von spröden Werkstoffen durch Kugelstrahlen sowie die Entwicklung von PECVD-Prozessen zur Abscheidung von diamantähnlichen Schichten für tribologisch hoch beanspruchte Bauteile.

## Ansprechpartner:

Dr. Wulf Pfeiffer  
wulf.pfeiffer@iwm.fraunhofer.de

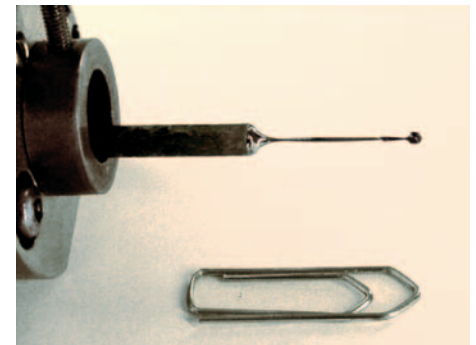


Abb. 1  
Elektrochemisch abgedünnter Wolframdraht.

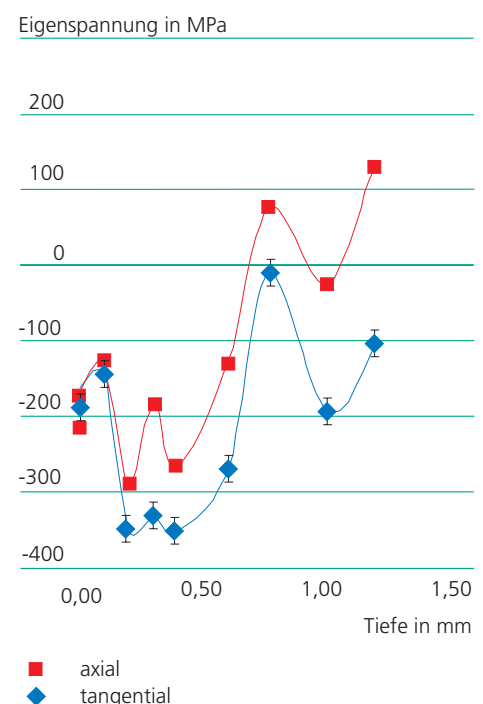


Abb. 2  
Röntgenographisch ermittelter Eigenspannungstiefenverlauf in einem 3 mm dicken Wolframdraht.

# Sicherheit und Einsatzbewertung von Bauteilen

Die Erhöhung der Sicherheit und des Ausnutzungsgrades von Bauteilen ist ein Erfolgsfaktor in zahlreichen Industriezweigen. Das Geschäftsfeld trägt diesem Bestreben durch fortschrittliche experimentelle und numerische Bauteilbewertungen Rechnung. Bruchmechanische Bewertungsmethoden in Kombination mit modernen Werkstoffmodellen bilden die Grundlage für Simulationsrechnungen. Die Berücksichtigung von Fertigungseinflüssen, z.B. Eigenspannungen und Gefügeänderungen durch Schweißen oder Umformen, ist Voraussetzung für eine integrale Bauteilbewertung.

Kompetenzen im Geschäftsfeld sind die Werkstoffcharakterisierung für die jeweils im Betrieb relevanten Randbedingungen (Temperatur, Beanspruchungsgeschwindigkeit), die Prüfung von Bauteilen oder Bauteilausschnitten, die Bewertung von Bauteilen im Hinblick auf Sicherheit und Verfügbarkeit sowie die rechnerische Simulation der Bauteile für die jeweiligen Fertigungs- und Einsatzbedingungen unter Verwendung geeigneter Werkstoffmodelle. Mit den Zielen des sicheren Betriebs von Anlagen und der Bewertung von Bauteilen (z.B. der Crashbewertung) unter Berücksichtigung von Werkstoff, Fehlerzustand, Umgebungseinfluss und Belastung werden experimentelle und numerische Methoden eingesetzt.



**Dr. Michael Luke**  
Fahrzeugsicherheit, Leichtbau

**Dr. Dieter Siegele**  
Geschäftsfeldleiter

**Dr. Dong-Zhi Sun**  
Crashsimulation,  
Schädigungsmechanik



## Numerische Simulation schweißtechnischer Fertigungsschritte

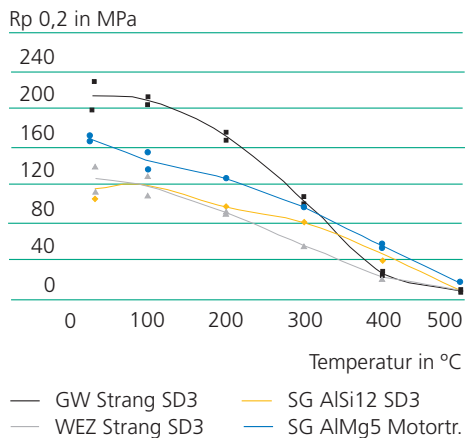


Abb. 1  
Temperaturabhängige Streckgrenzen der einzelnen Werkstoffzonen.

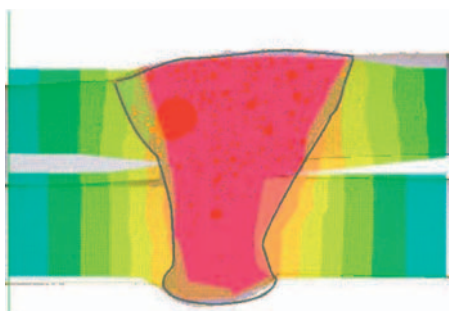


Abb. 2  
Berechnete und gemessene Schmelzbadbreite, rot: Schmelzisoothermen oberhalb 600 °C, graue Linie: 618 °C Schmelzisoothermen aus Makroschliffbild.

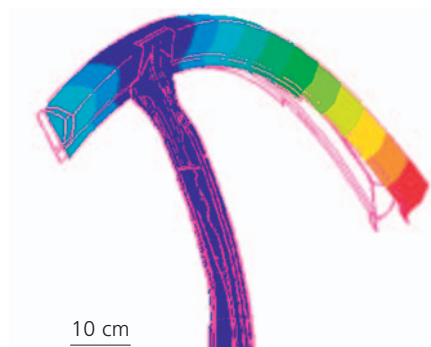


Abb. 3  
Verformungen nach dem Entspannen des geschweißten Bauteils (Ausgangsgeometrie: transparent).

### Aufgabenstellung

Als Folge des Schweißens entstehen durch die verfahrensabhängige Wärmeeinbringung lokale Werkstoffinhomogenitäten, Verzug und Eigenspannungen, die sich sowohl in der Produktion als auch bei der Festigkeit und Lebensdauer der Bauteile nachteilig auswirken können. Diese Nachteile zu minimieren bzw. bereits in der Entwicklungsphase zu berücksichtigen, ist Ziel der numerischen Schweißsimulation.

### Vorgehensweise

Im Rahmen eines AiF-Vorhabens wurde für eine Fahrzeugkomponente der Schweißprozess numerisch simuliert und an experimentellen Ergebnissen verifiziert.

Zur Ermittlung der thermomechanischen Werkstoffeigenschaften für die jeweiligen Materialzonen werden Miniaturzugproben direkt aus dem Bauteil funkenerosiv entnommen und daraus die temperaturabhängigen mechanischen Kennwerte bestimmt. Abb. 1 zeigt beispielhaft die Streckgrenzen als Funktion der Temperatur. Die unterschiedlichen Festigkeiten verdeutlichen den großen Einfluss der Wärmewirkung auf den Al-Grundwerkstoff, der beim Schweißen in der Wärmeeinflusszone entfestigt.

Der Schweißprozess wird über eine bewegte Ersatzwärmequelle modelliert, deren Geometrie, Intensitäts- und Verteilungsfunktion an Messergebnisse aus dem Schweißprozess (Schmelzbadgeometrie, Temperaturverläufe) angepasst werden.

### Ergebnisse

Als Berechnungsbeispiel wird die Verbindung von Dachträger und B-Säule einer Automobilkonstruktion betrachtet, die mit drei Schweißnähten verbunden wird. Abb. 2 zeigt im Vergleich die gemessene (farbig) und

berechnete Schmelzbadgeometrie (grau hinterlegt) für eine Schweißnaht. Die gute Übereinstimmung der Ergebnisse belegt die Qualität der numerischen Simulation.

Die Konstruktion ist während des Schweißprozesses durch Spannvorrichtungen gehalten, welche nach Abkühlung gelöst werden. In Abb. 3 sind als Ergebnisse der thermomechanischen Berechnung die Verformungen vor und nach dem Entspannen dargestellt. Deutlich zu erkennen sind die Verformungen an den Enden des Bauteils aufgrund der Wirkung der Schrumpfkkräfte. Die berechneten Verformungen liegen in der Größenordnung der gemessenen Verzüge. Mit den Untersuchungen konnte ein wichtiger Beitrag zur Validierung der numerischen Schweißsimulation an einem realen Bauteil geleistet werden.

Carmelo Veneziano  
carmelo.veneziano@iwm.fraunhofer.de

Marcus Brand  
marcus.brand@iwm.fraunhofer.de

### Leistungsbereich

#### Schweißverbindungen

Schwerpunkte sind die Bewertung der Mikrostruktur und Lebensdauer von Schweißverbindungen und die experimentelle und rechnerische Analyse von Verzug und Eigenspannung während des Schweißprozesses. Mit einer Schweißsimulationsanlage können Gefügestände gezielt eingestellt und die Werkstoffeigenschaften zonen-spezifisch bestimmt werden.

### Ansprechpartner:

Dr. Dieter Siegele  
dieter.siegele@iwm.fraunhofer.de

# Bruchmechanischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile mit probabilistischen Methoden

## Aufgabenstellung

Ein bruchmechanischer Festigkeitsnachweis von Maschinenbauteilen basiert auf Rechenmethoden, die in verschiedenen nationalen und internationalen Regelwerken enthalten sind. Die 2001 erschienene FKM-Richtlinie »Bruchmechanischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile« ermöglicht Analysen von Rissinitiierung, Rissinstabilität sowie Berechnungen des Risswachstums unter zyklischer Beanspruchung. Die 2005 veröffentlichte 3. Ausgabe der Richtlinie beinhaltet eine Reihe von Erweiterungsthemen, u.a. den bruchmechanischen Nachweis mit probabilistischen Methoden.

## Vorgehensweise

In vielen Anwendungen ist mit Unsicherheiten von zFP-Messdaten, Streuung von Werkstoffkennwerten sowie Unsicherheiten bei der Ermittlung von Belastungsparametern zu rechnen. In diesen Fällen bieten probabilistische Methoden eine Basis, die Fehlerbewertung und Lebensdaueranalysen durchzuführen sowie die Unsicherheiten bei der Bestimmung von Eingangsgrößen zu quantifizieren.

Variationen der Eingangsgrößen werden mit Hilfe von statistischen Verteilungsfunktionen beschrieben. Berechnungen der Versagenswahrscheinlichkeit erfolgen entweder mit der Monte-Carlo-Simulation (MCS) oder mit Zuverlässigkeitsmethoden (FORM, SORM).

## Ergebnisse

Als Beispiel wird eine probabilistische Sicherheitsbewertung des geraden Teils einer spiralgeschweißten Rohrleitung durchgeführt. Durch das Produktionsverfahren entstanden in der Schweißnaht Kaltverformungen, die zu einer Rissbildung führten. Abb. 1 zeigt die Bauteilskizze und das verwendete Berechnungsmodell. Konservativ wird die gesamte kaltverformte Zone als langer Oberflächenriss betrachtet, wobei die Risstiefe als streuender Parameter

mit einer Normalverteilung und dem Mittelwert von 2 mm angenommen wird. Weitere streuende Parameter sind die Beanspruchung sowie die Werkstoffkenngrößen. Die Wahrscheinlichkeitsberechnungen erfolgen mit der MCS.

Die Ergebnisse für  $10^3$  Simulationen sind in einem Fehlerbewertungs-Diagramm zusammengestellt (Abb. 2), wobei die Versagenswahrscheinlichkeit  $4 \cdot 10^{-3}$  beträgt. Diese Abschätzung stimmt im Mittel mit dem Ergebnis der deterministischen Berechnung qualitativ gut überein.

Weitere Analysen zum Einfluss der Eingangsgrößen auf die Versagenswahrscheinlichkeit zeigen, dass die Risstiefe und die Risszähigkeit die wesentlichen Parameter sind, deren Streuung die Versagenswahrscheinlichkeit des Bauteils entscheidend beeinflusst. Damit sind eine umfassende und statistisch repräsentative Charakterisierung der Risszähigkeit des Werkstoffs sowie eine zuverlässige zerstörungsfreie Prüfung die wichtigsten Voraussetzungen für den sicheren Betrieb der Rohrleitung.

Dr. Igor Varfolomeyev  
igor.varfolomeyev@iwmm.fraunhofer.de

**Leistungsbereich**  
Anlagensicherheit, Bruchmechanik  
Aufgaben sind Sicherheits- und Verfügbarkeitsbewertungen von Komponenten aus dem Kraftwerksbereich, der Luft- und Raumfahrt und dem Maschinenbau. Die Nachweise des sicheren Betriebs und der Fehlertoleranz von Bauteilen erfolgen experimentell und rechnerisch mit Methoden der Bruch- und Schädigungsmechanik.

**Ansprechpartner:**  
Dr. Dieter Siegele  
dieter.siegele@iwmm.fraunhofer.de

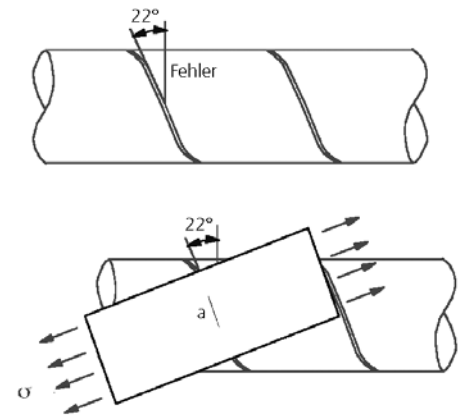


Abb. 1  
Berechnungsmodell des spiralgeschweißten Rohrs.

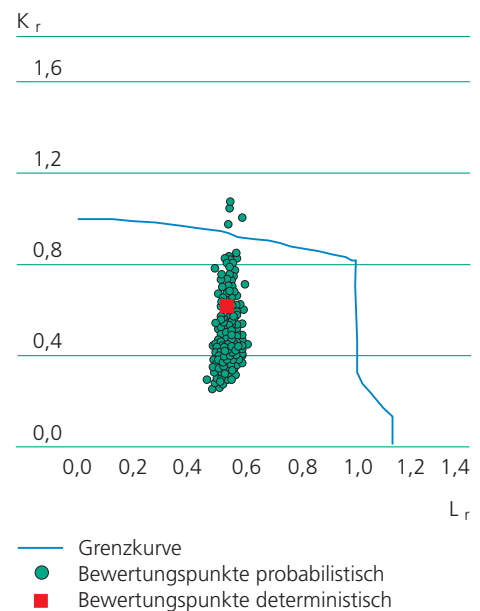


Abb. 2  
Probabilistische Bewertung mit Fehlerbewertungs-Diagramm. Monte-Carlo-Simulation mit  $10^3$  Simulationen im Vergleich zum deterministischen Nachweis.

## Festigkeitsbewertung von Spaceframe-Fügeverbindungen unter Crashbelastung

### Aufgabenstellung

Fügeverbindungen stellen ein entscheidendes Konstruktionselement bei automobilen Leichtbaustrukturen dar. So werden z.B. in Voruntersuchungen zur Herstellung von Spaceframe-Strukturen nahezu senkrecht zueinander stehende Hohlprofile mit linienförmigen Kehlnähten verschweißt. Zur Bewertung der Schweißnahtfestigkeit erfolgt die Charakterisierung der Belastbarkeit solcher 90°-Fügeverbindungen meist durch Prüfung der endgefertigten Struktur oder Teilen davon z.B. in Impakt-Versuchen mit T-Stößen. Für systematische, statistisch abgesicherte Untersuchungen ist diese Vorgehensweise oft zu aufwändig. Außerdem ist bei T-Stößen die Schweißnahtgeometrie schon zu komplex, um eine eindeutige Überprüfung von Crashsimulationsergebnissen bzw. eine Kalibrierung der Modellparameter zu ermöglichen.

Eine Aufgabenstellung innerhalb eines von der Audi AG beauftragten Projektes bestand deshalb darin, eine Teilstruktur-Probe zu entwickeln, die gleichzeitig eine Schweißnahtcharakterisierung bei verschiedenen Belastungsbedingungen ermöglichen soll.

### Vorgehensweise

Hierzu wurden eine T-förmige Probe (Abb. 1) und geeignete Prüfvorrichtungen für Biege- und Zugbeanspruchungen entwickelt. Diese T-Proben können aus Bauteilen oder auch aus separat, unter definierten Bedingungen hergestellten 90°-Linien-Fügeverbindungen entnommen werden. Sie ermöglichen eine systematische Charakterisierung der Belastbarkeit von Fügeverbindungen sowie statistisch abgesicherte Untersuchungen zur Optimierung von Schweißnaht- oder auch Klebschicht-Parametern. Ein wesentlicher Vorteil besteht darin, dass mit demselben Probentyp die Kehlnaht sowohl unter Zug- und Biegebeanspruchung, als auch unter

unterschiedlichen Belastungsbedingungen von quasistatisch über zyklisch bis stoß- bzw. crashartig geprüft werden kann.

### Ergebnisse

Für eine Kehlnaht-geschweißte Aluminiumstruktur wurden mit dieser neu entwickelten und zum Patent angemeldeten Prüfvorrichtung Versuche unter Zug- und Biegebeanspruchung bei statischer und crashartiger Belastung erfolgreich durchgeführt (Abb. 2) Bei der Crashsimulation dieser Versuche mit dem Finite-Elemente-Programm PAM-Crash konnte mit dem EWK-Schädigungsmodell nach Wilkins bei Verwendung lokaler, zonenspezifischer Werkstoffparameter eine gute Übereinstimmung von Experiment und Berechnung erzielt werden. Mit diesen T-Proben ist somit eine sinnvolle Charakterisierung von Kehlnähten auch unter crashartiger Belastung unter kontrollierten, übersichtlichen Bedingungen möglich.

Dr. Wolfgang Böhme  
wolfgang.boehme@iwf.fraunhofer.de

### Leistungsbereich Fahrzeugsicherheit, Leichtbau

Um die Einsatzmöglichkeiten und Sicherheit im Automobil- und Schienenverkehr zu steigern, wird das Festigkeits- und Verformungsverhalten von Fahrzeugkomponenten analysiert. Neue Leichtbauwerkstoffe und Fügeverbindungen werden charakterisiert und auf ihre Einsatzmöglichkeiten im Fahrzeugbau getestet.

### Ansprechpartner:

Dr. Michael Luke  
michael.luke@iwf.fraunhofer.de

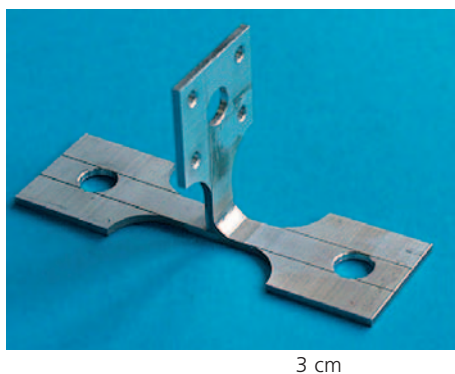


Abb. 1  
T-Probe zur systematischen Charakterisierung der Belastbarkeit von 90°-Fügeverbindungen.

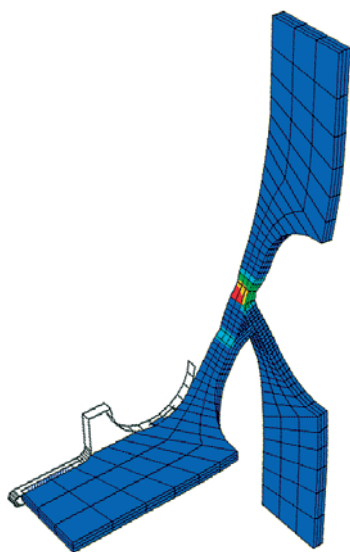


Abb. 2  
Numerische Simulation einer T-Probe mit biegebeanspruchter Kehlnaht.

# Modellierung des Versagensverhaltens am Beispiel von Verbundsicherheitsglas unter Crashbedingungen

## Aufgabenstellung

Verbundsicherheitsglas (VSG) besteht aus zwei Glasscheiben mit einer zwischenliegenden reißfesten Kunststoffolie und wird im Automobilbau normalerweise für Windschutzscheiben eingesetzt. In der Crashsimulation ist es von großem Interesse, das Versagensverhalten der VSG-Scheiben realistisch abbilden zu können, da die VSG-Scheiben durch die splitterbindende Wirkung der Folie auch nach dem Glasbruch noch einen nicht zu vernachlässigenden Beitrag zur Aussteifung der Karosserie leisten.

## Vorgehensweise

In den hier vorgestellten Finite-Elemente-Rechnungen wurden drei Elementtypen verwendet, um den Schichtaufbau des VSG zu modellieren: zwei Schalenelemente für die beiden Glasschichten und ein dazwischen liegendes Volumenelement für die Folien-schicht. Die beiden Elementtypen sind in geeigneter Weise miteinander gekoppelt, um die Schalenelemente entsprechend der Dicke der Glasschichten zu positionieren.

Für das Glas wurde ein elastisches Materialmodell mit einem spannungsbasierten Versagenskriterium eingesetzt. Die Folie wurde mit einem linear-elastischen und zum Vergleich zusätzlich mit einem hyperelastischen Modell modelliert.

## Ergebnisse

Als Validierungsgrundlage für die Modellbildung dienten statische Biegeversuche an VSG-Scheiben, die für zwei Lastfälle – Belastung von der Innenseite und Belastung von der Außenseite der Scheiben – durchgeführt wurden. Sowohl die Bruchbilder (Abb. 1 und 2) als auch das Globalverhalten (Abb. 3) unterscheiden sich deutlich in den beiden Fällen:

Während bei Belastung von innen ein schlagartiger Durchbruch der Scheiben nach der ersten Schädigung erfolgt,

bilden sich bei Belastung von außen kreisförmige Risse unter dem Stempel und die Scheiben bleiben weiterhin tragfähig.

Die kritische Bruchspannung für das Glas wurde an den Versagenseintritt bei den Versuchen mit Belastung von innen angepasst. Die Simulationen geben sowohl den kritischen Stempelweg (Abb. 3), als auch die unterschiedlichen Versagensbilder für beide Lastfälle mit guter Übereinstimmung wieder. Allerdings sind die berechneten Kräfte für den Versuch mit Belastung von außen höher als die gemessenen, was auf Unterschiede in den Eigenschaften beider Glasschichten, in den Haftbedingungen und den damit verbundenen Eigenspannungen zurückzuführen sein könnte. Zur Reduzierung des numerischen Aufwands wurde die Anwendbarkeit von Kompositschalenelementen für die Simulation des Verbundsicherheitsglases überprüft. Das mit dem Kompositschalenelement berechnete Globalverhalten stimmt mit dem 3-Schichten-Modell überein, das Versagensbild ist jedoch leicht unterschiedlich.

Andrea Ockewitz  
andrea.ockewitz@iwmm.fraunhofer.de

## Leistungsbereich Crashsimulation, Schädigungsmechanik

Für die Crashsimulation werden Werkstoff- und Versagensmodelle entwickelt, implementiert und auf Bauteile angewendet. Die Bewertung und Simulation der Tragfähigkeit von Fügeverbindungen ist ein wichtiger Forschungsschwerpunkt.

**Ansprechpartner:**  
Dr. Dong-Zhi Sun  
dongzhi.sun@iwmm.fraunhofer.de

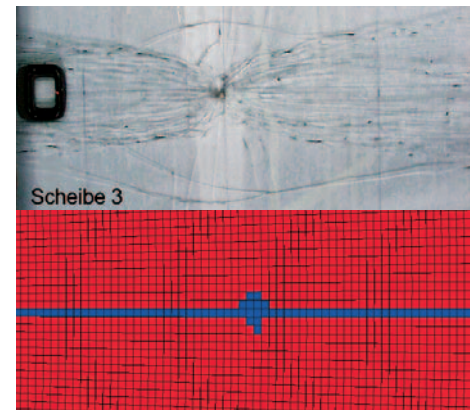


Abb. 1  
Versagen von Verbundglasscheiben bei Belastung von innen und Simulation.

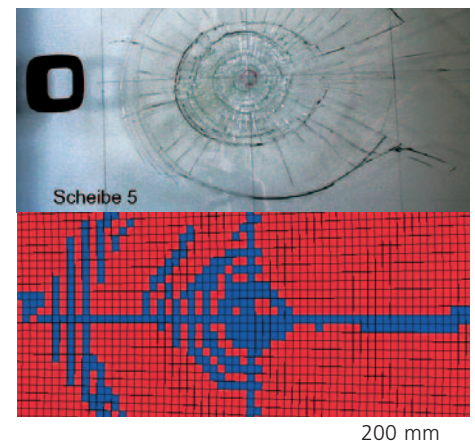


Abb. 2  
Versagen von Verbundglasscheiben bei Belastung von außen und Simulation.

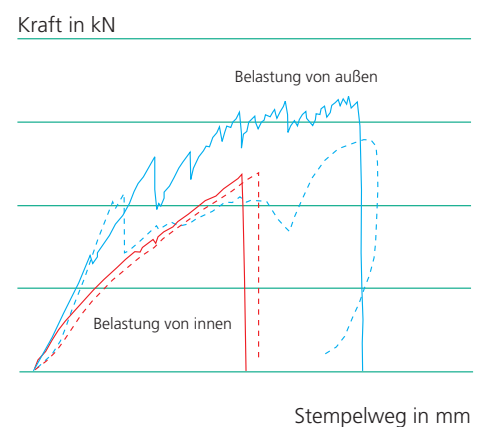


Abb. 3  
Vorausrechnungen der beiden Biegeversuche im Vergleich mit Experiment (gestrichelte Linie: Experiment, durchgezogene Linie: Simulation).

# Komponenten der Mikrosystemtechnik und Nanotechnologien

Das Geschäftsfeld »Komponenten der Mikrosystemtechnik und Nanotechnologien« befasst sich mit der Fehlerdiagnostik und Mikrostrukturanalyse für Bauelemente der Mikroelektronik, mit der Bewertung der Belastbarkeit und mechanisch-elektrischen Zuverlässigkeit von Halbleiterwerkstoffen und Bauteilen der Mikrosystemtechnik sowie mit der Diagnostik und Nanostrukturierung von Oberflächen, dünnen Schichten und kleinen Teilchen. Dabei werden Wechselwirkungen zwischen mechanischer Belastung und Funktionsverhalten untersucht und bewertet. Eine wesentliche Zielstellung des Geschäftsfeldes besteht in der Weiterentwicklung und Optimierung von technologischen Prozessschritten bei der Fertigung von mikroelektronischen Bauelementen und Mikrosystemen, in der Sicherung und Erhöhung von Qualität und Ausbeute durch die Bereitstellung neuer Verfahren zur Schwachstellenanalyse, in der Senkung der Herstellungskosten durch optimierten Form- und Materialeinsatz, sowie in der Gewährleistung der System- und Komponentenzuverlässigkeit im Einsatz.



---

**Dr. Jörg Bagdahn**  
Mikromechanische Komponenten

---

**Dr. Matthias Petzold**  
Diagnose und Bewertung von  
Mikrosystemen

---

**Prof. Dr. Dieter Katzer**  
Geschäftsfeldleiter

---

**Dr. Andreas Heilmann**  
Biologische Materialien und  
Grenzflächen

# Präzisionsbearbeitung zum lokalen Öffnen und Rückpräparieren von mikroelektronischen Bauelementen

## Aufgabenstellung

Für die Technologieentwicklung von komplexen höchstintegrierten mikroelektronischen Schaltkreisen werden Verfahren eingesetzt, mit denen Quellen des elektronischen Fehlverhaltens, Schwachstellen und Defekte schnell und zuverlässig detektiert und lokalisiert werden können. Wegen der Komplexität der zu untersuchenden mikroelektronischen Schichtsysteme müssen mechanische Präzisions-Abdünntechniken entwickelt werden, mit denen das eingehauste Bauteil von der Rückseite her zielgenau, schnell und ohne Zerstörung der elektronisch aktiven Bereiche präpariert werden kann. Für die nachfolgende Fehlerlokalisierung muss dabei die elektrische Funktionalität des Bauelementes vollständig erhalten bleiben.

## Vorgehensweise

Zur gezielten lokalen Rückpräparation von Package- und Silicium-Material wurde eine hochpräzise, mechanische Präparationsmaschine entwickelt. Der lokale Materialabtrag insbesondere des sprödharten Siliciums erfolgt mit einem Diamantschleifstift, der durch eine Motorspindel angetrieben wird und mit bis zu  $60.000 \text{ min}^{-1}$  rotiert. Das mikroelektronische Bauteil wird auf einen speziell gestalteten verfahrbaren Tisch aufgebracht (Abb. 1). Dieser bewegt sich mit periodischen Schritten in x-, y- und z-Richtung, wodurch eine reproduzierbare Abarbeitung garantiert ist. Die Präparation kann automatisiert, softwaregesteuert mittels flexibel definierbarer Ansteuerung vorgenommen werden.

## Ergebnisse

Für den lokalen Abtrag wurden Vorgehensweisen zum planparallelen Abtrag von Silicium-Chips auf bis zu  $10 \mu\text{m}$  Restdicke bei Erhaltung der elektrischen Funktionalität entwickelt. Eine glatte Oberfläche wird anschließend durch Polieren mit einem speziel-

len Polierwerkzeug und verschiedenen Diamantpasten erreicht. Die in geschilderter Weise nachbearbeiteten Chips sind für die nachfolgende Fehlerlokalisierung und Defektanalyse zugänglich. Zur rückseitigen Fehlerlokalisierung wurden Verfahren der Lichtemissionsmikroskopie und Lock-in Thermographie bereits erfolgreich eingesetzt (Abb. 2).

Frank Altmann  
frank.altmann@iwmh.fraunhofer.de

Thorsten Riediger  
thorsten.riediger@iwmh.fraunhofer.de

## Leistungsbereich Diagnose und Bewertung von Mikrosystemen

Im Mittelpunkt steht die Qualität und die Ausbeute bei der Fertigung von Bauelementen der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik, sowie deren Sicherheit und Lebensdauer im Einsatz. Werkstoffmechanische Bewertungen tragen in hohem Maß zur einatzgerechten Bauteilauslegung, zur Optimierung technologischer Prozessschritte und zur Sicherung der Produktqualität bei. Präparationstechniken und Verfahren zur Fehleranalyse werden in Zusammenarbeit mit Herstellern von mikroelektronischen Bauteilen entwickelt und eingesetzt.

**Ansprechpartner:**  
Dr. Matthias Petzold  
matthias.petzold@iwmh.fraunhofer.de



Abb. 1  
Verfahrbarer Tisch des Rückseitentools mit mikroelektronischen Bauelement.

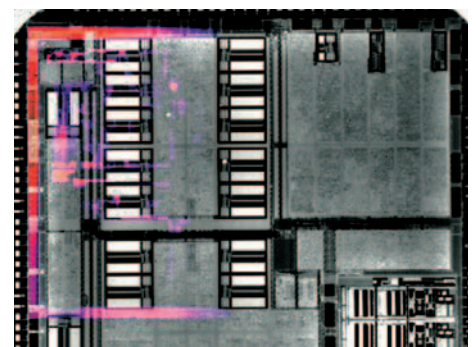


Abb. 2  
Mittels Lock-in Thermographie von der Rückseite untersuchter Chip, die roten Zonen zeigen die Gebiete erhöhter thermischer Emission.

## Testwafer zur Bewertung der Bondqualität direkt gebondeter Wafer

### Aufgabenstellung

Das Waferbonden hat sich zu einer Standardtechnologie bei der Fertigung von Mikrosystemen entwickelt. Derzeit werden Technologien entwickelt, die das Bonden bei Temperaturen unter 450 °C ermöglichen sollen. Es fehlen jedoch Kenntnisse über die Fertigungsausbeute und Zuverlässigkeitseigenschaften der Bondung. Um eine Bewertung unterschiedlicher Prozesse zu gewährleisten, sind standardisierte Teststrukturen notwendig, die eine Bewertung der Festigkeit und Zuverlässigkeit ermöglichen.

### Vorgehensweise

Zur Bewertung der Bondqualität wurde in Kooperation mit der TU Chemnitz ein spezieller Testwafer für die Bewertung direkt und anodisch gebondeter Wafer entworfen. Der Testwafer enthält Proben unterschiedlicher Größen mit unterschiedlichen Bondrahmenbreiten sowie Mikro-Chevron (MC) Proben. Die Bondrahmenproben dienen der Bewertung der Fertigungsausbeute und der Bestimmung der Zugfestigkeit bzw. des Berstdruckes. Die MC-Proben ermöglichen die Messung der Bruchzähigkeit. Zum Vergleich unterschiedlicher Bondverfahren wurde der Testwafer verschiedenen Forschungsinstituten (VTT, Finnland), Universitäten (Uni Freiberg) und Firmen (X-FAB, Sues MicroTec, First Sensor Technologies, Umicore) zur Verfügung gestellt. Die gebondeten Wafer wurden vom Fraunhofer IWM bewertet.

### Ergebnisse

In der Abb. 1 ist die Infrarotdurchstrahlungsaufnahme eines direkt gebondeten Wafers dargestellt. Im mittleren Bereich sind die MC-Proben zu erkennen.

In der Abb. 2 ist das Ergebnis einer Sägeausbeuteuntersuchung von drei unterschiedlichen Bondprozessen zu

sehen, die bei 400 °C bzw. 900 °C getempert wurden. Der Wafer für den Hochtemperaturprozess wurde mit einer konventionellen nasschemischen RCA-Lösung gereinigt, wogegen der Niedertemperaturbond mit verschiedenen Plasmaaktivierungsverfahren vorbehandelt wurde. Es ist zu erkennen, dass mit dem Hochtemperaturprozess, der jedoch nicht kompatibel zu Standard CMOS-Prozessen ist, eine sehr hohe Ausbeute bis hin zu sehr kleinen Bondrahmenstrukturen erzielt wurde. Mit einer optimierten Plasmaaktivierung können auch bei niedrigen Temperaturen ab einer Rahmenbreite von 150 µm Ausbeuten größer 90 Prozent erreicht werden.

Die Ausbeuteuntersuchungen wurden mit bruchmechanischen Untersuchungen an MC-Proben korreliert. Dabei wurde für Proben mit der nasschemischen Reinigung nach einer Auslagerung bei 900 °C eine mittlere Bruchzähigkeit von  $K_{IC}=0,9 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ , nach einer Auslagerung bei 400 °C jedoch nur ein Wert von  $K_{IC}=0,3 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$  ermittelt. Die Proben mit Plasmaaktivierung wiesen hingegen nach Tempern bei 400 °C bereits eine Bruchzähigkeit von  $K_{IC}=0,7 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$  auf.

Dr. Matthias Ebert  
matthias.ebert@iwmh.fraunhofer.de

### Leistungsbereich

**Mikromechanische Komponenten**  
Mechanische Silicium-Mikrosysteme werden bewertet. Die Zuverlässigkeit wafergebondeter Mikrosysteme wird verbessert.

### Ansprechpartner:

Dr. Jörg Bagdahn  
joerg.bagdahn@iwmh.fraunhofer.de

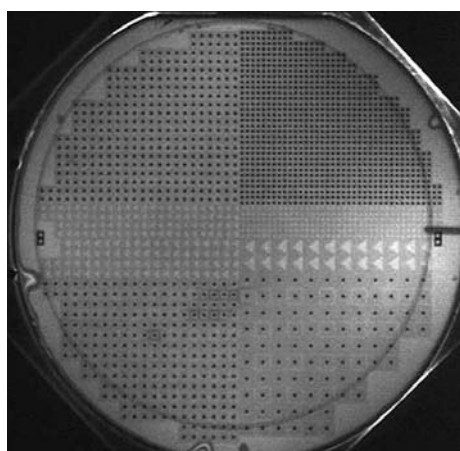


Abb. 1  
Infrarotdurchstrahlungsaufnahme eines gebondeten Wafers (TU Chemnitz).

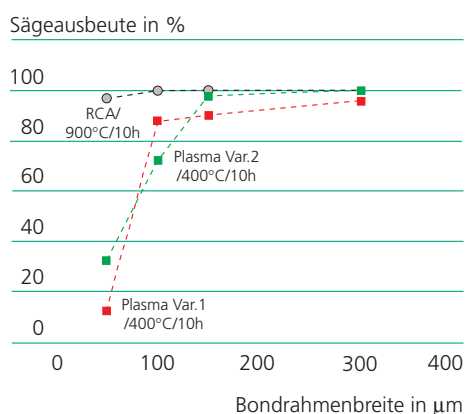


Abb. 2  
Sägeausbeute als Funktion der Bondrahmenbreite für unterschiedliche Bondparameter.



# Herstellung und mechanische Eigenschaften von Spinnenseideproteinschichten

## Aufgabenstellung

Fasern aus Seidenraupen- und Spinnenseidenproteinen besitzen hervorragende mechanische Eigenschaften, z.B. hohe Reißfestigkeiten, kombiniert mit hoher Elastizität und geringer Dichte. Aufgrund geringer Immunogenität und hoher chemischer Beständigkeit finden Seidenfäden Anwendung in der Medizin als Nahtmaterial und Wundabdeckung. Eine industrielle Nutzung scheitert bisher an den schwer zugänglichen natürlichen Ressourcen. Daher wird die vor kurzem gelungene gentechnische Erzeugung von Spinnenseidenproteinen favorisiert. In einem vom Land Sachsen-Anhalt geförderten Projekt wird die Herstellung von Schichten und Membranen aus gentechnisch hergestellten Spinnenseidenproteinen und ihre Anwendung für Implantatbeschichtungen untersucht.

## Vorgehensweise und Ergebnisse

Die von Projektpartnern der TU München und des IPK Gatersleben bereitgestellten gentechnisch designten Spinnenseidenproteine aus E.Coli Bakterien (AQ24NR3, C16) und aus Tabakpflanzen (SO1-ELP) wurden bezüglich ihrer Lösungseigenschaften und Verarbeitbarkeit zu dünnen Schichten untersucht. Als Referenzmaterial wurde Seide der Bombyx mori Seidenraupe herangezogen. Die Spinnenseidenproteine wurden in konzentrierten Salzlösungen gelöst. Mittels Spincoating oder Casting wurden dünne Schichten hergestellt. Diese Schichten mit Dicken zwischen 20 nm und 50 µm wurden mechanisch durch Mikrohärtmessungen bzw. durch akustische Impedanzanalyse charakterisiert. Die Mikrostruktur wurde mit Rasterkraftmikroskopie (AFM) und mit Profilometrie untersucht.

Bei den Mikrohärtmessungen wurden im Vergleich zu Polyethylenterephthalat (PET)- und Polyetherimid (PEI)-Folien um bis zu zwei Größenordnungen

höhere elastische Eindringmodule und Martenshärten gemessen, die zudem von der relativen Luftfeuchtigkeit abhängig sind. Abb. 2 zeigt die Last-Eindringtiefe-Kurven verschiedener Seidenproteinschichten (Schichtdicke  $d > 40 \mu\text{m}$ ) im Vergleich zu den Polymerfolien bei Raumtemperatur (25 °C) und bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50 Prozent.

Mittels akustischer Impedanzanalysen konnte gezeigt werden, dass die Spinnenseidenproteinschichten mit Dicken unter 300 nm sich auf Schwingquarzen wie harte, hochelastische Schichten verhalten. Die gemessenen Frequenzverschiebungen hängen linear von den Schichtdicken ab und erfüllen daher bei den mit 5, 25, 45 und 75 MHz angeregten harmonischen Schwingungen die Sauerbrey-Gleichung. Spinnenseidenproteinschichten mit Dicken größer 350 nm weisen hingegen ein viskoelastisches Verhalten auf. Die gemessenen Frequenzverschiebungen hängen nicht mehr linear von der Schichtdicke ab. Die Änderungen der gemessenen Bandbreiten weisen auf Energiedissipationen der Schichten hin.

Dr. Uwe Spohn  
uwe.spohn@iwmh.fraunhofer.de

**Leistungsbereich Biologische Materialien und Grenzflächen**  
Biologische Materialien und biokompatible Oberflächen werden morphologisch und mechanisch bewertet. Nanostrukturierte funktionelle Materialien für das Tissue Engineering werden entwickelt.

**Ansprechpartner:**  
Dr. Andreas Heilmann  
andreas.heilmann@iwmh.fraunhofer.de

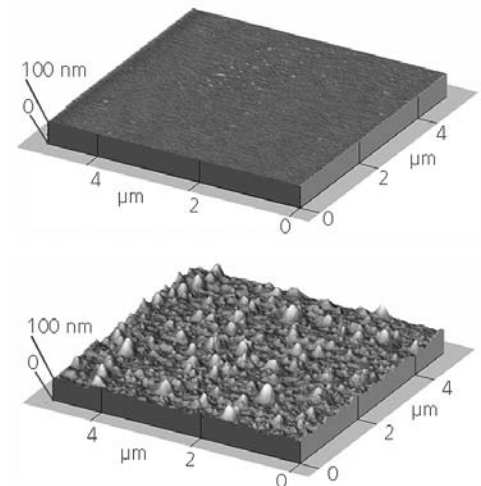
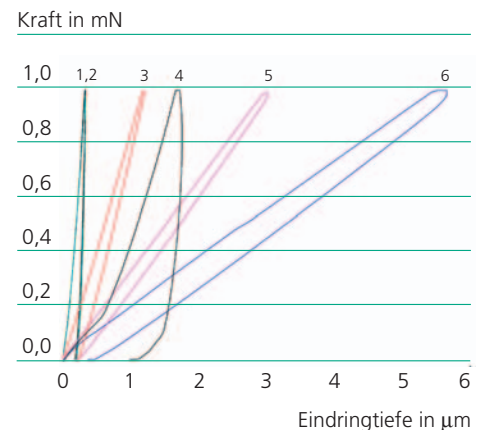


Abb. 1 Morphologie (AFM) von zwei Spinnenseidenproteinschichten: AQ24NR3- (oben) und SO1-ELP (unten).



1 AQ24NR3	4 Bombyx mori Seide
2 SO1-ELP	5 PET
3 C16	6 PEI

Abb. 2 Kraft-Eindringtiefe-Kurven von Spinnenseide- und Seidenraupenproteinschichten im Vergleich mit technischen Polymeren.

# Werkstoffbasierte Prozess- und Bauteilsimulation

Die numerische Simulation bietet Potenziale zur Kostensenkung, Zeitersparnis und Qualitätsverbesserung und sie unterstützt die Einführung neuer Werkstoffe, Produkte und Verfahren. Wesentlich für den Erfolg numerischer Simulationen sind Modelle, die das Werkstoffverhalten zuverlässig nachbilden. Die besondere Kompetenz des Geschäftsfelds liegt bei der Entwicklung solcher Werkstoffmodelle, wobei je nach Anwendung quantenmechanische, atomistische, mikro-mechanische oder kontinuumsmechanische Methoden zum Einsatz kommen. Angestrebt wird jeweils ein methodisch komplettes Angebot bestehend aus dem theoretischen Modell, der numerischen Implementierung und den oft neu zu entwickelnden Versuchen zur Bestimmung der Modellparameter.

**Dr. Winfried Schmitt**  
Kompetenzzentrum  
Bauteilsimulation

**Dr. Torsten Kraft**  
Pulvertechnologie

**Prof. Dr. Christian Elsässer**  
Physikalische  
Werkstoffmodellierung



**Prof. Dr. Hermann Riedel**  
Geschäftsfeldleiter

**Priv.-Doz. Michael Moseler**  
Physikalische  
Werkstoffmodellierung

**Dr. Ralf Mohrmann**  
Hochtemperaturverhalten  
Metalle

# Simulation der Nachverdichtung beim Rollieren eines Zahnrads aus Sinterstahl

## Aufgabenstellung

Niedrig belastete Zahnräder werden schon seit einigen Jahren pulvermetallurgisch hergestellt. In jüngster Zeit richtet sich das Interesse der Industrie auch auf hochfeste Zahnräder aus Sinterstahl. Allerdings sind die konventionell produzierten PM-Zahnräder für hochbelastete Anwendungen wie Gangräder im Automobilgetriebe entweder kostenmäßig nicht konkurrenzfähig oder die mechanischen Eigenschaften sind (noch) nicht ausreichend. Die kritischen Bereiche eines Zahnrades sind der Zahnfuß sowie insbesondere die Zahnflanke, bei der oft sehr große Beanspruchungen durch den hertzischen Kontakt auftreten. Eine gezielte Dichteerhöhung in der Randzone lässt eine deutliche Steigerung der Tragfähigkeit erwarten, wie schon von verschiedenen Autoren experimentell nachgewiesen wurde. Um hochfeste Sinterzahnräder herzustellen, folgt nach dem konventionellen Sinterprozess ein gezieltes Nachverdichten der Randzone durch Außen-Querwalzen bei gesteuerter Dreh- und Eindringbewegung der Walzwerkzeuge. Ergebnis dieses Schritts ist ein PM-Zahnrad mit einer auf der Flanke und eventuell auch im Fußbereich verdichteten Randzone. Aufgrund der strengen Toleranzanforderungen ist jedoch die optimale Prozessführung sowie die Auslegung der Rollierwerkzeuge sowie der Zahnradvorform bisher eine aufwendige und kostenintensive Angelegenheit.

## Vorgehensweise

Am Fraunhofer IWM wurden fortschrittliche Modelle zur Beschreibung der Verhaltens poröser Werkstoffe entwickelt und in das Finite-Elemente-Programm ABAQUS® implementiert. Insbesondere das Gologanu-Leblond (GL) Modell ist für eine Prozesssimulation des Rollierens besonders gut geeignet, da es neben der Entwicklung der Porosität auch die Porenform beim

Verdichten vorhersagen kann. Für ein zum Rollieren vorgesehenes Sinterstahl wurden zuerst die Materialparameter für das GL-Modell bestimmt. Anschließend wurde ein 2D-Simulationsmodell in ABAQUS/ Explicit® aufgesetzt und das Rollieren mit mehreren Überrollungen für ein homogen gesintertes Zahnrad mit geraden Zähnen simuliert

## Ergebnisse

Die berechnete Dichteverteilung nach dem Rollieren ist in Abb. 1 dargestellt. Deutlich ist die oberflächennahe Verdichtung im Flankenbereich zu erkennen. Die Porositätsentwicklung über die Tiefe zeigt Abb. 2 im Detail. So sind neben der Dichteabnahme geringe Unterschiede zwischen Druck- und Zugseite zu erkennen, die eventuell im späteren Einsatz vorteilhaft ausgenutzt werden können. Damit ist jetzt ein Simulationstool verfügbar, mit dem insbesondere die Formoptimierung der Rollierwerkzeuge und der Zahnradvorform schneller möglich wird.

## Leistungsbereich Pulvertechnologie

Ziel ist die Fertigung formgenauer und rissfreier Bauteile. Dafür werden die bei der Herstellung pulvertechnologischer Bauteile auftretenden Prozessschritte auf der Basis innovativer Werkstoffmodelle numerisch simuliert und optimiert.

## Ansprechpartner:

Dr. Torsten Kraft  
torsten.kraft@iwm.fraunhofer.de

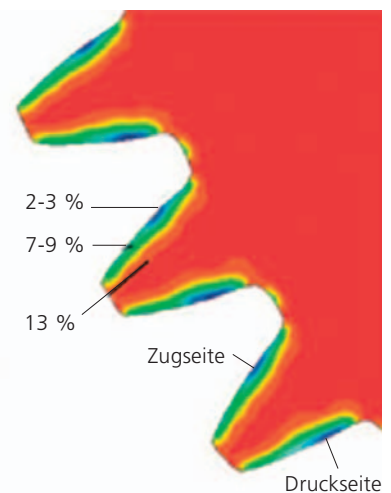


Abb. 1  
Simulierte Porosität des Zahnrads nach dem Rollieren; Druck- und Zugseite sind auf die Rollierrichtung bezogen.

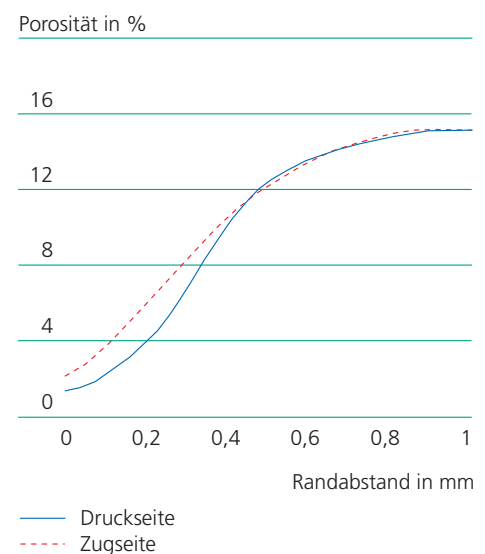


Abb. 2  
Porositätsverlauf über die Tiefe für die Druck- und Zugseite.

## Kantenrisse beim Walzen von Blech

### Aufgabenstellung

Die Umformbarkeit von Werkstoffen ist durch spröde und duktile Rissbildung eingeschränkt. Um sowohl etablierte als auch neue und schwierig umzuformende Werkstoffe optimal verarbeiten zu können, werden Modelle entwickelt, welche die Rissbildung im Rahmen der Prozesssimulation zuverlässig voraussagen sollen.

Ein Problem, das am Fraunhofer IWM bearbeitet wird, ist das Auftreten von Kantenrissen. Dieses Phänomen schränkt die Möglichkeiten einer effizienten Prozessgestaltung zum Beispiel bei Aluminiumblechen deutlich ein. Die Bleche müssen besäumd werden, da sonst in den nachfolgenden Stufen die Gefahr des Bandabrisses besteht. Abb. 1 zeigt das Aussehen solcher Kantenrisse in einem gewalzten Aluminiumband.

Bisher gab es keine Modelle, die das Auftreten solcher Risse richtig voraussagen und damit eine optimale Prozessführung erlauben.

### Vorgehensweise

Der Mechanismus der Rissbildung in duktilen Legierungen besteht meist darin, dass sich an Einschlussteilchen Poren bilden, die bei plastischer Verformung wachsen und sich schließlich zu einem Riss vereinigen. Auf der Grundlage dieser Vorstellung wurden schädigungsmechanische Modelle entwickelt, die sich zur Implementierung in ein Finite-Elemente-Programm eignen. Das klassische derartige Modell ist das Gurson-Modell, das jedoch die Kantenrissbildung nicht vorhersagen kann. Deshalb wurden Weiterentwicklungen des Gurson-Modells eingesetzt, welche die Entwicklung der Porenform berücksichtigen, da sich das Fehlen dieses Aspekts im Gurson-Modell als besonders einschränkend erwiesen hat.

Zur Bestimmung der Modellparameter wurden Flachzugversuche durchgeführt und mit Finiten Elementen nachgebildet, um die Einschnürung berücksichtigen zu können. Mit den so ermittelten Parametern wurde das Walzen und dabei insbesondere die Entstehung von Kantenrissen simuliert.

### Ergebnisse

Abb. 2 zeigt im oberen Teil die (simulierte) Entstehung der Kantenrisse im Walzspalt und im mittleren Teil die Draufsicht auf die Blechebene. Bei zu großer Stichabnahme oder wenig verformbarem Material reißt das Band und es kann völlig zerstört werden (unteres Teilbild). Wie der Vergleich mit Abb. 1 zeigt, gibt die Simulation das Aussehen realer Kantenrisse sehr gut wieder.

Als wichtige Einflussgrößen wurden Stichabnahme, Bandzüge vor und hinter dem Walzgerüst, Walzendurchmesser und selbstverständlich die Duktilität des Werkstoffs identifiziert. Die Methode wird derzeit zu einem quantitativen Werkzeug zur Prozessplanung weiter entwickelt. Damit können bei optimaler Produktivität Kantenrisse vermieden oder wenigstens bei der Planung berücksichtigt werden.

### Leistungsbereich Formgebungs- und Umformprozesse

Umformwerkzeuge und -prozesse können mit Hilfe der numerischen Simulation wesentlich schneller und kostengünstiger ausgelegt werden als durch Versuch und Irrtum. Dafür werden Gesetze zur Beschreibung des Werkstoffverhaltens weiterentwickelt und auf industrielle Prozesse angewandt.

### Ansprechpartner:

Prof. Dr. Hermann Riedel  
hermann.riedel@iwm.fraunhofer.de

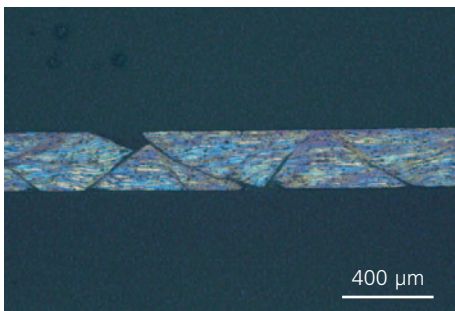


Abb. 1  
Blick auf die Bandkante eines Aluminiumblechs mit Rissen.

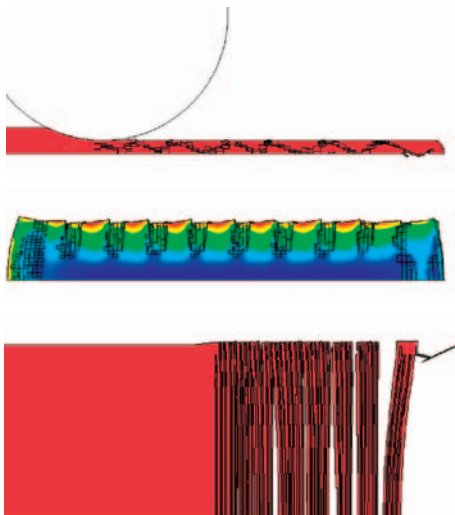


Abb. 2  
Simulierte Kantenrisse.  
Oben: Blick auf Bandkante;  
Mitte: Blick auf Blechebene;  
Unten: Bandabriss und Zerstörung des Blechs.  
Das Band läuft von links nach rechts. Die Stelle, an der das Blech umgeformt wird, liegt in der Bildmitte.

# Entwicklung von Rechenmodellen zur Lebensdauervorhersage von Motorbauteilen unter thermisch-mechanischer Ermüdungsbeanspruchung

## Aufgabenstellung

Viele Bauteile im Motoren- und Turbinenbau wie z.B. der in Abb. 1 gezeigte Zylinderkopf unterliegen überlagerten zeitlich veränderlichen thermischen und mechanischen Belastungen und damit einer thermomechanischen Ermüdung. Die Lebensdauer dieser Bauteile wird im Wesentlichen von zwei Hauptbeanspruchungskomponenten bestimmt. Einerseits erzeugen zeitlich und örtlich veränderliche Temperaturbelastungen aufgrund von Start-Stop-Zyklen niederfrequente thermisch induzierte Ermüdungsbeanspruchungen, andererseits verursachen zeitlich veränderliche mechanische Belastungen (z.B. Zünddruck, oszillierende Massenkräfte, Drehzahl,...) höherfrequente rein mechanische Ermüdungsbeanspruchungen. Diese beiden Lastkomponenten wirken stets gleichzeitig. Hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf das Verformungs- und das Lebensdauerverhalten der eingesetzten Werkstoffe besteht eine komplexe gegenseitige Wechselwirkung. Diese Wechselwirkung wird basierend auf einer am Fraunhofer IWM entwickelten benutzerdefinierten Materialroutine für Wechselplastizität (UMAT zum Finite-Elemente-Programm ABAQUS/Standard) weiter entwickelt und an die Erfordernisse des Forschungsvorhabens angepasst.

## Vorgehensweise

Ziel des Vorhabens ist einerseits die Gewinnung einer belastbaren Datenbasis zur Verbesserung des Verständnisses über die auftretenden Versagensmechanismen und das Lebensdauerverhalten. Diese Arbeiten werden im Institut für Werkstoffkunde 1 der Universität Karlsruhe durchgeführt. Im Fraunhofer IWM werden andererseits Werkstoffmodellen zur Vorhersage der Lebensdauer komplex thermozyklisch beanspruchter Bauteile erstellt und verifiziert. Die zur Anwendung des Modells erforderlichen Werkstoffpara-

meter sollen für typische Eisenguss-Werkstoffe identifiziert und das entwickelte Verfahren dann anhand gezielter Experimente an Proben sowie zusammen mit einem Industriepartner an einem Zylinderkopf verifiziert werden.

## Ergebnisse

Für die Modellierung des Verformungsverhaltens wurde zunächst ein Chaboche-Modell verwendet. Im Bereich kleiner Dehnungen bis maximal  $\pm 1,5$  Prozent bildet das Verformungsmodell die Versuche hinreichend genau ab. Für die Beschreibung größerer Dehnungen ist es notwendig, die Unsymmetrie der plastischen Eigenschaften unter Zug- und Druckbelastung im Modell zu berücksichtigen.

## Leistungsbereich

**Hochtemperaturverhalten Metalle**  
Abgasanlagen und Zylinderköpfe von Verbrennungsmotoren, Gasturbinen und andere Kraftwerkskomponenten unterliegen einer gekoppelten thermischen und mechanischen Wechselbeanspruchung, die früher oder später zur Rissbildung und zum Versagen der Komponente führt. Die Auslegung gegen diese Art der Beanspruchung erfolgt heute noch weitgehend empirisch. Die Entwicklung besserer Werkstoffmodelle wird es ermöglichen, einen zunehmenden Teil der Bauteilentwicklung im Rechner durchzuführen und damit Entwicklungskosten und -zeiten einzusparen.

## Ansprechpartner:

Dr. Ralf Mohrmann  
ralf.mohrmann@iwm.fraunhofer.de

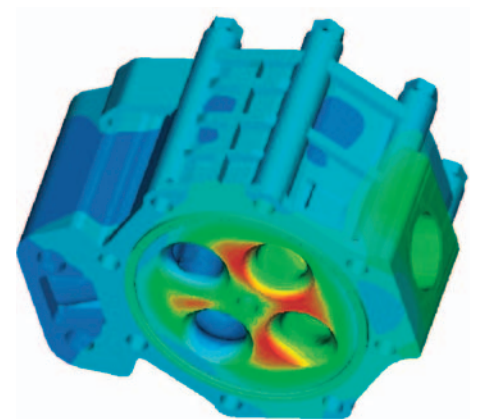


Abb. 1  
Zylinderkopf eines Dieselmotors.

## Struktur und Stabilität von Metall-Keramik-Grenzflächen auf atomarer Skala

### Aufgabenstellung

Metall-Keramik-Verbundwerkstoffe sind wichtig für die Funktion vieler technischer Anwendungen, von elektrischen Kontaktierungen in mikroelektronischen Schaltungen zu thermischen Schutzschichten in Hochleistungsturbinen. Zur Optimierung der Funktionsfähigkeit und Belastbarkeit von Werkstoffkombinationen hilft ein fundamentales Verständnis der atomistischen Strukturen und chemischen Bindungen an Kontaktflächen zwischen verschiedenen Werkstoffen.

### Vorgehensweise

Als Metall-Keramik-Modellsysteme wurden (0001)-Oberflächen von Korund ( $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ) im Kontakt mit (111)-Oberflächen von Kupfer studiert. Die atomistischen Strukturen und energetischen Stabilitäten der Grenzflächen wurden durch quantenmechanische Berechnungen von Gesamtenergien und Kräften mit der Mixed-Basis-Pseudopotential-Methode der ab-initio-Dichtefunktionaltheorie bestimmt.

### Ergebnisse

Zwischen Korund und Kupfer wurden experimentell die beiden in der Abb. 1 schematisch gezeigten Grenzflächenstrukturen gefunden. Die Richtungen dichter Packung der Kupfer- und Sauerstoffatome an der Grenzfläche sind beim Modell I (a) parallel, beim Modell II (b) senkrecht zueinander. Zur Kompensation der Fehlpassung zwischen den Kupfer- und Korundkristallgittern wurden für die Berechnungen die Grenzflächen kohärent approximiert. Diese Modelle wurden optimiert, indem sowohl die Oberflächenterminierung des Korunds durch Al- bzw. O-Atome als auch die Adsorptionspositionen der Cu-Atome auf dem Korund variiert wurden.

Für beide Modelle waren die O-terminierten Kontakte (Abb. 2 (b) und (d)) deutlich fester gebunden als die Al-terminierten Kontakte (Abb. 2 (a) und (c)). Für Modell I ist zu erkennen, wie der Cu-Film in (a) durch die Al-Atome vom Korund weggedrückt wird, während er in (b) durch die O-Atome zum Korund hingezogen wird. Beim Modell II war der Al-terminierte Kontakt nur zu stabilisieren, indem direkt über den Al-Atomen Cu-Leerstellen im Metallfilm eingefügt wurden (siehe (c)). Beim O-terminierten Kontakt relaxierten Cu-Atome aus dem Metallfilm auf die freien Al-Oberflächenpositionen (siehe (d)).

Trotz verschiedener atomistischer Strukturen (vgl. Abb. 2 (b) und (d)) ergaben sich bei den O-Terminierungen mit  $7,65 \text{ J/m}^2$  für Modell I und  $7,88 \text{ J/m}^2$  für Modell II ähnliche Separationsenergiewerte. Bei den Al-Terminierungen waren diese Energien mit  $1,58 \text{ J/m}^2$  bzw.  $2,23 \text{ J/m}^2$  für Modell I bzw. II sehr viel kleiner. Allgemein ist die Haftfestigkeit bei möglichst vielen Cu-O- und wenigen Cu-Al-Nachbaratombindungen am höchsten.

Dr. Adham Hashibon  
adham.hashibon@iwmm.fraunhofer.de

### Leistungsbereich Physikalische Werkstoffmodellierung

Aufgabe ist die theoretische Materialforschung und -entwicklung mit physikalischen Modellen und numerischen Methoden. Das technologische Ziel ist die Optimierung von Materialeigenschaften im Computerlabor.

### Ansprechpartner:

Prof. Dr. Christian Elsässer  
christian.elsaesser@iwmm.fraunhofer.de

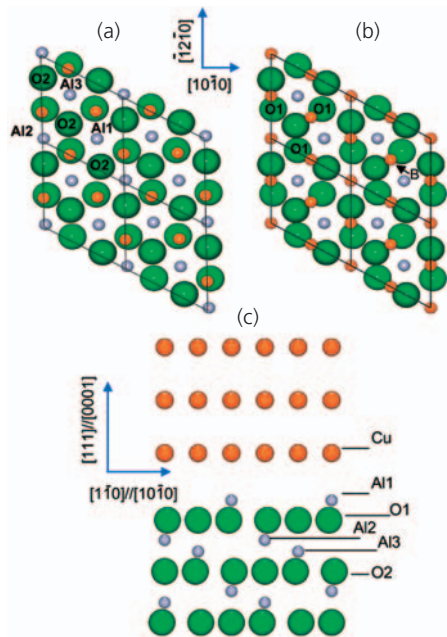


Abb. 1  
Aufsicht auf (a) Modell I und (b) Modell II, sowie (c) Seitenansicht beider Modelle. Gezeigt sind nur eine Cu-Atomlage und eine Korundschichteinheit (Al1-O1-Al2).

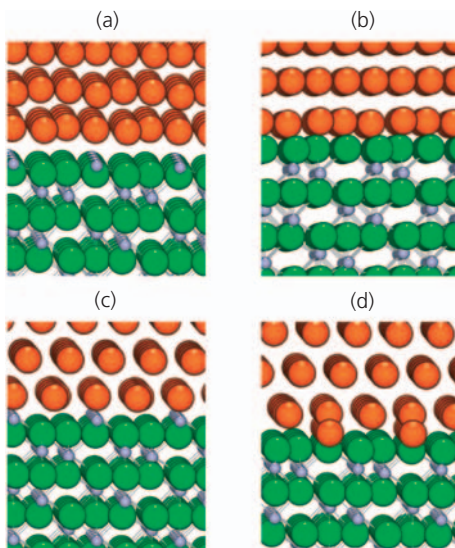


Abb. 2  
Atomistische Strukturen der optimierten Grenzflächen: Modell I mit (a) Al-Terminierung und (b) O-Terminierung, Modell II mit (c) Al-Terminierung und (d) O-Terminierung.

## Kompetenzzentrum Simulation von Bauteilen und Bauteilverhalten SimBAU

Beim Betrieb von Kreiselpumpen spielt die effektive Laufzeitverlängerung eine immer wichtigere Rolle. Die Folgekosten für den Austausch zum Beispiel einer Brunnenpumpe können ein Vielfaches des eigentlichen Pumpenpreises betragen. Abb. 1 zeigt eine Pumpenschaufel mit einem typischen Kavitationsschaden. In einem von der AIF geförderten Projekt zusammen mit dem Forschungsinstitut für Edelmetalle und Metallchemie (FEM) werden galvanische Schichten mit geeigneten Eigenschaftsgradienten entwickelt, um solche Schäden zu vermeiden. Wegen der vielen denkbaren Eigenschaftsverläufe ist die numerische Simulation unverzichtbar bei der Vorauswahl geeigneter Gradienten. Die Simulation hat zunächst zum Ziel, die mechanischen Eigenschaften und die Festigkeiten verschiedener im Labormaßstab hergestellter Schichten zu ermitteln und zu bewerten. So lassen sich z.B. die elastischen und plastischen Eigenschaften von Schichten aus der numerischen Simulation von Eindruckversuchen gewinnen, wobei in der Simulation die mechanischen Eigenschaften (E-Modul, Fließkurve) so lange variiert werden, bis die gemessenen und berechneten Kraft-Eindringkurven übereinstimmen. Ebenso lassen sich aus solchen Simulationen in Kombination mit experimentell beobachteten Versagensereignissen auch kritische Spannungen ermitteln.

Hauptziel der Simulation ist aber die Ableitung von Hinweisen auf einen möglichst geeigneten Eigenschaftsverlauf in den Schichten. Dabei stellen die bei der Kavitation entstehenden sehr kurzzeitigen hohen Druckimpulse auf einem kleinen Bereich der Schichtoberfläche eine besondere Herausforderung dar. Denn die sehr kurzen Impulszeiten von unter 0,1 Mikrosekunden und die im Vergleich zur Bauteildimension kleinen Schichtdicken von typischerweise wenigen Mikrometern

erfordern eine hohe zeitliche und räumliche Auflösung des Simulationsmodells. Abb. 2 zeigt einen Ausschnitt aus einem rotationssymmetrischen Modell. Dargestellt sind die Radialspannungen. Man erkennt deutlich die sich ausbildenden Spannungswellen.

### Ergebnisse

Die ersten Ergebnisse zeigen, dass das größte Schädigungsrisiko bei Kavitationsbelastung dann besteht, wenn die Schicht so dünn ist, dass sie gemeinsam mit dem weichen Substrat bei jedem Impuls plastisch deformiert wird. Dann entstehen unter den Eindrücken wechselnde Zugspannungen, welche zu Schädigungen führen können. Es konnten bereits Hinweise auf mindestens erforderliche Schichtdicken in Abhängigkeit von Substratwerkstoff und Belastungshöhe, sowie auf geeignete Eigenschaftsgradienten gewonnen werden.

Dr. Oleg Benevolenski  
oleg.benevolenski@iwf.fraunhofer.de

Das vom BMBF ins Leben gerufene **Kompetenzzentrum SimBAU** trägt dazu bei, die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie auf dem Weltmarkt durch verstärkten Einsatz von Simulation zu stärken. Dazu bildet SimBAU eine Anlaufstelle in Fragen der numerischen Simulation. Es hat auch einen Schwerpunkt in der Weiterentwicklung von Werkstoffmodellen für neue Anwendungen.

**Ansprechpartner:**  
Dr. Winfried Schmitt  
winfried.schmitt@iwf.fraunhofer.de



Abb. 1  
Kavitationsschaden an einer Schiffschraube (Institut de Recherche de l'Ecole Navale, Frankreich).

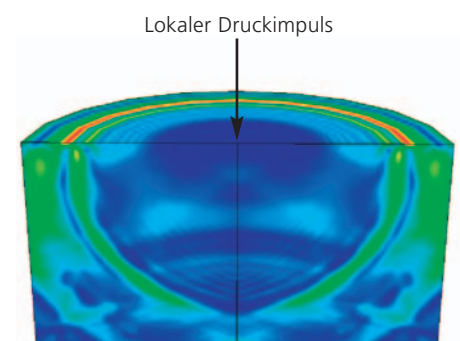


Abb. 2  
Wellenphänomene in einem Kavitationsbeanspruchten Schicht-Substratsystem.



# Komponenten mit funktionalen Oberflächen

Die Arbeiten des Geschäftsfeldes zielen auf zukunftssträchtige Märkte aus den Bereichen Optik, Feinmechanik-Optik, Telekommunikation, Sensortechnik, Anlagen- und Werkzeugbau, Medizintechnik, Halbleiter- und Solarzellentechnologie. Im Vordergrund stehen Bearbeitungstechniken zur schädigungsarmen Erzeugung von Form- und Funktionsflächen, Trenn- und Vereinzelungstechniken für Gläser und Halbleitermaterialien, Beschichtungsverfahren für den Verschleißschutz und die Funktionalisierung von Oberflächen, sowie Heißformprozesse für Gläser. Besondere Stärken des Geschäftsfeldes liegen auf dem Gebiet der Material- und Verfahrensentwicklung für die Werkzeugherstellung und das Heißpressen optischer Komponenten aus anorganischen Gläsern. Hierfür werden mikroskopische und submikroskopische Oberflächenstrukturierungen durch Bearbeitungs- und Beschichtungsprozesse entwickelt. Neue Verfahren der Heißformgebung von Gläsern zielen auf schnelle Umformprozesse mit Umformdauern unter dem Minutenbereich.



**Dr. Günter Kleer**  
Geschäftsfeldleiter

**Dr. Rainer Kübler**  
Trenntechniken,  
schädigungsarme Bearbeitung

**Dr. Peter Manns**  
Heißformgebung Glas

## Beschichtungen für dekorative und hydrophobe Oberflächen

### Aufgabenstellung

Die Beschichtung von Kunststoffen in PVD-(physical vapor deposition) Verfahren ist für eine Vielzahl von industriellen Anwendungen aus Umweltverträglichkeitsgründen und wegen teilweise erheblicher Kosten- und Gewichtsreduktion von besonderem Interesse. Dabei sind insbesondere zwei Anforderungen zu erfüllen: Erstens die Sicherstellung einer guten Haftung optisch dekorativer (z.B. metallischer) Schichten auf Kunststoff und zweitens die Erzeugung einer metallischen Anmutung der Schicht. Die Entwicklung von transparenten, hydrophoben Beschichtungen ist z.B. für Anwendungen im Sanitärbereich oder der Medizintechnik interessant. Eine geforderte Eigenschaft der Schichten ist die mechanische und chemische Beständigkeit sowie eine starke Abweisung wässriger Medien.

### Vorgehensweise

Zur Erhöhung der Haftung von PVD-Schichten auf Kunststoffen werden umweltfreundliche Verfahren entwickelt, bei denen der Kunststoff vor der Beschichtung plasmachemisch in einer Niederdruck-Plasmaentladung mit mehreren reaktiven Gasen aktiviert wird. Für den Beschichtungsprozess werden für Kunststoffe geeignete Abscheidungsverfahren wie die so genannte DC-Puls-Technologie eingesetzt, die hohe Depositoraten bei geringer thermischer Belastung des Substrats ermöglicht. In Hinblick auf eine erhöhte Gebrauchsbeständigkeit der Schichten werden in Anlehnung an das von den Blättern der Lotusblume bekannte Prinzip, das ihr eine schmutzabweisende Oberfläche verleiht, am Fraunhofer IWM auch transparente, hydrophobe Beschichtungen entwickelt. Sie sind aufgebaut aus einer Kombination einer nanostrukturierten Grundsicht aus dem System der Hartstoffe mit einer wasserabweisenden, organischen Deckschicht.

### Ergebnisse

Im Rahmen des vom Land Baden-Württemberg geförderten Verbundprojekts »Funktionsoptimierte Schichten für tribologische, optische und medizintechnische Anwendungen« wurden Beschichtungsprozesse für optisch dekorative Schichten auf verschiedenen Kunststoffen erarbeitet, die zu einer deutlichen Verbesserung der Schichthaftung geführt haben. Insbesondere konnte durch die Reduzierung der Schichteigenspannungen die Bildung von Rissen in der Beschichtung vermieden werden. Auf diese Weise konnten optisch dekorative Schichten mit hohem metallischen Glanz auf verschiedenen Kunststoffen abgeschieden werden (Abb. 1).

Daneben konnten auch extrem hydrophobe, also wasserabweisende Schichten entwickelt werden. Die Kombination von Oberflächenstrukturierung und -chemie erwies sich dabei als so effizient, dass Wassertropfen auf derartigen Oberflächen Randwinkel von größer  $150^\circ$  aufwiesen und sehr leicht abrollten. Auch konnte die Wasserdampf-Kondensation auf derart funktionalisierten Oberflächen stark reduziert werden (Abb. 2).

Dr. Frank Burmeister  
frank.burmeister@iwm.fraunhofer.de

**Leistungsbereich Beschichtungen, Oberflächenstrukturierung**  
Für Anwendungen in den Bereichen Glas- und Kunststoffverarbeitung sowie Medizintechnik und Optik werden funktionale Beschichtungen entwickelt und Beschichtungsprozesse optimiert.

**Ansprechpartner:**  
Dr. Günter Kleer  
günter.kleer@iwm.fraunhofer.de



Abb. 1  
Herstellung metallisch anmutender, dekorativer Schichten auf Kunststoff mit ionenstrahlgestützten Prozessen.



Abb. 2  
Transparente Wasser abweisende Schichten nach dem Vorbild der Natur.  
Links: Tropfen auf stark Wasser abweisender Blattoberfläche.  
Rechts: Tropfen auf nanostrukturierter IWM-Beschichtung auf Glas.

## Herstellung mikrooptischer Komponenten aus anorganischen Gläsern durch schnelles Heißprägen

### Aufgabenstellung

Mit zunehmender Komplexität moderner optischer Systeme wachsen die Anforderungen an die Funktionalität der verwendeten optischen Komponenten bei gleichzeitiger Forderung nach geringen Herstellungskosten und der Verfügbarkeit in großen Stückzahlen. Ein aussichtsreicher Weg für die Produktion solcher Komponenten aus optischen Gläsern ist die Replikation durch Heißformgebungsverfahren. Die geforderten Genauigkeiten können zwar mit dem Blankpressverfahren erreicht werden, jedoch stehen die hierbei benötigten langen Zykluszeiten von mehr als 5-10 Minuten der kostengünstigen Produktion von großen Stückzahlen entgegen. Ziel ist die Entwicklung eines Heißprägeverfahrens mit Zykluszeiten von weniger als 1 Minute für eine kostengünstige Fabrikation von mikrooptischen Bauteilen wie z.B. Mikrolinsenarrays, Zylinderlinsen und diffraktiven optischen Elementen.

### Vorgehensweise

Beim Heißprägeverfahren wird das Glas mit einer niedrigeren Viskosität als bei konventionellen Replikationsverfahren in einem stark nicht-isothermen Prozess ausgeformt. Durch die rasche Abkühlung des zähflüssigen Glases entstehen dabei jedoch große lokale Schrumpfungen und hohe thermisch induzierte Spannungen, die zu Formabweichungen der geprägten Bauteile führen. In umfangreichen experimentellen Untersuchungen wurden Formenwerkstoffe und Formenbeschichtungen sowie der Einfluss von wesentlichen Prozessgrößen auf Geometrie- und Konturgenauigkeit und Oberflächenqualität am Beispiel verschiedener optischer Komponenten systematisch untersucht und geeignete Prozessfenster ermittelt.

### Ergebnisse

Die Ausformung der Strukturen, die Mittendicke sowie die Oberflächenqualität der geprägten Komponenten wird im Wesentlichen während der ersten Pressphase, in der Umformung des Glases und Wärmeentzug über die Formwerkzeuge sehr schnell ablaufende konkurrierende Prozesse sind, innerhalb von weniger als einer Sekunde erzielt. Globaler Verzug der Bauteile und Feinkontur der optischen Strukturen werden maßgeblich beeinflusst durch die Einstellung geeigneter Temperaturgradienten im Glas während der Umform- und Abkühlphase. Mit diesem Heißprägeverfahren wurden bereits verschiedene Demonstrator-Komponenten bis zu 15 mm Kantenlänge wie Mikrolinsenarrays mit sphärischer und asphärischer Kontur sowie Zylinderlinsenarrays hergestellt, die die Anforderungen der adressierten Anwendungen erfüllen.

### Leistungsbereich Heißformgebung Glas

Für die Serienproduktion von Präzisionsbauteilen aus Gläsern werden Heißformgebungsverfahren und -werkzeuge entwickelt. Schwerpunkte sind Verfahren zum Blankpressen präzisionsoptischer Linsen und zum Heißprägen von Mikrostrukturen.

### Ansprechpartner:

Dr. Peter Manns  
[peter.manns@iwmm.fraunhofer.de](mailto:peter.manns@iwmm.fraunhofer.de)

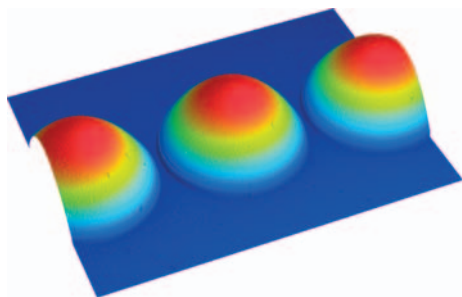


Abb. 1  
 Prägewerkzeug mit asphärischen Mikrolinsen.  
 Linsendurchmesser 240  $\mu\text{m}$ ,  
 Krümmungsradius 1650  $\mu\text{m}$ ,  
 Linsenhöhe 4,4  $\mu\text{m}$

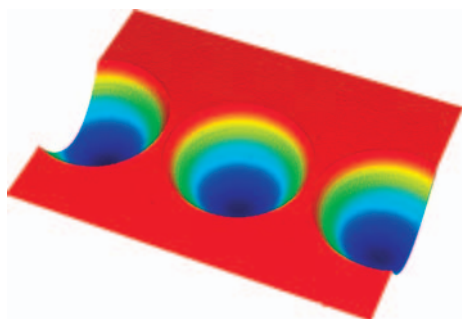


Abb. 2  
 Heißgeformte Mikrolinsen in Glas  
 (Glasart B270).

## Reduzierung von Bruchraten in der industriellen Solarzellenfertigung

### Ausgangssituation

Kristallines Silicium als Material für Solarzellen ist teuer, aber auch spröde und zerbrechlich. Während ihrer industriellen Verarbeitung werden Wafer und Zellen mechanisch und thermisch stark belastet und sind daher bruchgefährdet. Eine Bruchrate von einem Prozent verursacht in einer typischen Produktionslinie pro Jahr Kosten von der Größenordnung einer Million Euro. Die Reduzierung von Bruchverlusten bietet somit ein großes Potenzial für Kosteneinsparungen. Am Fraunhofer IWM werden die mechanischen Aspekte der industriellen Solarzellenfertigung auf der Basis der Bruchmechanik spröder Werkstoffe untersucht.

### Vorgehensweise

Die Optimierung einer Fertigungslinie hinsichtlich Siliciumbruchs setzt die bruchmechanische Charakterisierung von Wafern nach Durchlaufen verschiedener Stationen der Prozesskette voraus. Das Fraunhofer IWM hat hierfür ein Konzept entwickelt und wendet es an industriellen Fertigungslinien an. Die Basis für diese vom BMBF geförderten Arbeiten (Projekte OPTIPRO, FACT2 und NEON) bilden die Schadens-, die Festigkeits- sowie die Prozessanalyse.

Mit Schadensanalysen an Wafern und Zellen, die während der Produktion gebrochen sind, werden mit fraktographischen Untersuchungen Bruchentstehung und Bruchablauf geklärt. Die Festigkeitsanalyse nach einzelnen bruchrelevanten Fertigungsschritten quantifiziert die maximale, von den Wafern ertragene mechanische Last. Fällt diese nach einem Fertigungsschritt ab, so wurden bei diesem Schritt rissartige Schäden in den Wafer eingetragen.

Mit einer Prozessanalyse wird die bei Prozess-Schritten auf die Wafer einwirkende Belastung quantitativ bestimmt.

Dies geschieht durch experimentelle Messungen und/oder durch numerische Simulation.

Zusätzlich werden Prüfverfahren eingesetzt, um eine frühzeitige Aussonderung vorgeschädigter Wafer und Zellen vorzunehmen, welche die weitere Prozessierung nicht überstehen würden.

### Ergebnisse

Zahlreiche unterschiedliche Prozessschritte wie Handling, Ätzen, Metallisierung, Hochtemperaturprozesse (Diffusion, Fast Firing) wurden in unterschiedlichen industriellen Fertigungslinien analysiert. Es konnten viele Quellen für Bruchverluste identifiziert und Maßnahmen zur Bruchreduzierung abgeleitet werden. Prooftests zur Aussonderung vorgeschädigter Wafer wurden erarbeitet und erfolgreich angewandt. Der Schädigungseintrag beim Vereinzeln der Wafer (Sägen, Lasertrennen) wurde untersucht und die Durchbiegung dünner Wafer bei Oberflächenprozessierungen charakterisiert. Nach entsprechenden Verbesserungen und Modifikation der Prozessführung wurden die Bruchraten in zahlreichen Fällen deutlich reduziert.

### Leistungsbereich Trenntechniken, schädigungsarme Bearbeitung

Für spröde Werkstoffe werden spezielle Bearbeitungsverfahren entwickelt und optimiert: konturgenau und schädigungsarm für Halbleitermaterialien, für anorganische Gläser sogar verlustfrei. Weitere Schwerpunkte sind Untersuchungen zu Auswirkungen von Schädigungen auf die Festigkeit sowie Schadensanalysen.

### Ansprechpartner:

Dr. Rainer Kübler  
[rainer.kuebler@iwm.fraunhofer.de](mailto:rainer.kuebler@iwm.fraunhofer.de)

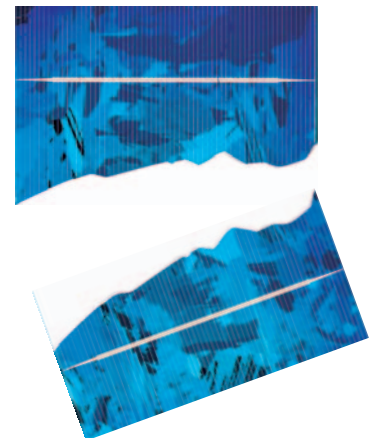
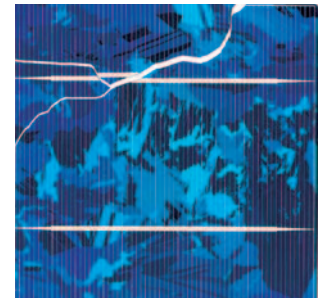


Abb. 1  
Solarzellen, die bei einem Fertigungsschritt in Folge thermisch induzierter Spannungen gebrochen sind (Multikristallines Silicium 125 x 125 mm<sup>2</sup>).



500 µm

Abb. 2  
Absplitterung an einer Waferkante als Folge eines Handlingfehlers (Anschlag des Wafers auf einem Stopperstift).

# Polymeranwendungen

Das Geschäftsfeld »Polymeranwendungen« widmet sich allen Fragen der Anwendung von polymeren Werkstoffen von der Auswahl der Rohstoffe über die Verarbeitungstechnologie und die daraus resultierende Materialstruktur bis zu den Eigenschaften des gewünschten Bauteils. Dabei wird die gesamte Kette von der Mikrostruktur des Werkstoffs bis zum gewünschten Bauteil nach Maß betrachtet. Für polymerbasierte Materialien werden wettbewerbsrelevante neue Anwendungsfelder erschlossen und Gebrauchseigenschaften mittels gezielt angepasster Verarbeitungstechnologien für den jeweiligen Anwendungsfall optimiert. Ziele sind Leistungssteigerungen und neue Funktionen. Eine bestimmte Werkstoff-Anwendungskombination erfordert zudem die genaue Kenntnis der Werkstoffeigenschaften. Für Thermoplaste, Duroplaste, Elastomere und Faserverbundwerkstoffe werden Struktur-Eigenschaftsbeziehungen ermittelt. Zur Bewertung kommen an den Praxisfall angepasste Prüfverfahren zum Einsatz. Zur besseren Vorhersage des Bauteilverhaltens werden Werkstoffmodelle entwickelt. Neben der Compoundierung zum Einstellen definierter Materialeigenschaften soll das Einsatzpotenzial faserverstärkter Thermoplaste durch bessere Eigenschaften erweitert werden.



---

**Dr. Michael Busch**  
Polymerverarbeitung

---

**Dr. Peter Lühse**  
Geschäftsfeldleiter

## Untersuchung innovativer Verfahren der Kunststoffverarbeitung für die Herstellung von Bauteilen aus faserverstärkten Kunststoffen

Im Jahr 2004 hat das Fraunhofer IWM mit den Unternehmen Krauss-Maffei Kunststofftechnik GmbH München und Berstorff GmbH Hannover, einen Kooperationsvertrag abgeschlossen mit dem Ziel der Entwicklung und Erprobung innovativer technologischer Verfahren für die Herstellung faserverstärkter Kunststoffe und Bauteile auf einem Spritzgiesscompounder IMC (injection molding compounder) und einem ZE-Extruder. Mit dem IMC, einer Kombination aus einem gleichlaufenden Doppelschneckenextruder für die Compoundierung und einer Spritzgiessmaschine für die Formteilherstellung, hat die Krauss-Maffei Kunststofftechnik GmbH eine innovative Spritzgusstechnologie entwickelt, mit der die Verarbeitung von den Ausgangskomponenten »Polymere + Faserstoffe + Additive« bis zum Spritzgussteil in einem einzigen durchgängigen technologischen Schritt erfolgt. Dieses Konzept der Direktverarbeitung ohne die Zwischenstufe Granulat weist zahlreiche Vorteile gegenüber der konventionellen Spritzgussverarbeitung auf. Die gleichlaufenden ZE-Doppelschnecken-Extruder mit einem innovativen Zylinder- und Schneckenkonzept sind Produkte der Berstorff GmbH.

Die Ziele der Kooperation, die im Zeitraum von 2004 bis 2007 erfolgt, bestehen in der Entwicklung einer fundierten Wissens- und Datenbasis für die Realisierung maßgeschneiderter Bauteile nach Kundenanforderung mit produkt- und kostenoptimalen Kennwerten und Prozessparametern sowie der Ableitung von Aussagen über einzuhaltende Prozessfenster für den stabilen Anlagenbetrieb. Im Ergebnis der Kooperation sollen mit den Verarbeitungsmaschinen der beiden Industriepartner vorteilhaft zu erschließende neue Anwendungsfelder aufgezeigt werden.

Infolge der immer kürzer werdenden Entwicklungszeiten für Bauteile und Endprodukte und des steigenden

Kostendruckes entsteht bei der Entwicklung neuer Produkte ein zunehmender Bedarf nach zuverlässigen Werkstoffdaten und technologischem Know-How. Durch die im Vorhaben vorgesehene Verknüpfung der Fertigung prototypischer Bauteile auf industriekompatiblen Anlagen mit einer komplexen werkstoffmechanischen Charakterisierung wird eine neue Qualität der Werkstoff- und Technologieentwicklung erreicht.

Die Untersuchungen versetzen das Fraunhofer IWM und die beiden Industriepartner in die Lage, ihren Kunden eine bessere Unterstützung bei deren anwendungsspezifischer Produkt- und Technologieentwicklung zu geben. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen die Kunden bei der Werkstoffauswahl unterstützen und eine verbesserte Übertragung auf eine Serienfertigung gestatten und auf diese Weise zu einer breiten Markteinführung der neuen Technologien beitragen.

### Leistungsbereich

#### Polymerverarbeitung

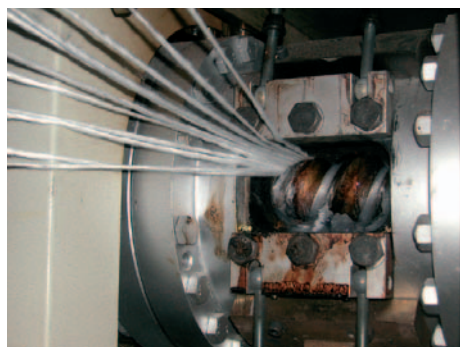
Maßgeschneiderte Kunststoff-Composites und prototypische Komponenten werden auf industriekompatiblen Verarbeitungsanlagen entwickelt.

Das Verarbeitungsverhalten und der Einfluss der technologischen Vorgesichte auf die Werkstoff- und Bauteileigenschaften werden bewertet.

#### Ansprechpartner:

Dr. Michael Busch

[michael.busch@iwmh.fraunhofer.de](mailto:michael.busch@iwmh.fraunhofer.de)



Verstärkungsfasern (Rovings) beim Einzug in den Extruder zur Herstellung faserverstärkter Compound-Materialien.



Doppelschneckencompounder Berstorff ZE40



# Charakterisierung von langfaserverstärkten Thermoplasten mittels Rondentests

## Aufgabenstellung

Die Bestimmung von Materialkennwerten mit hoher Genauigkeit und geringem experimentellen Aufwand gewinnt eine immer stärkere Bedeutung. Für Bauteile aus langfaserverstärkten Thermoplasten, welche z. B. mittels Pressverfahren hergestellt werden, stellt sich bei hinreichend langen Fließwegen in der Regel eine unidirektionale Verstärkung ein. Zur Beschreibung des Materialverhaltens innerhalb solcher Bauteilzonen kann ein transversal isotropes Materialgesetz zur Anwendung kommen. Die Bestimmung der entsprechenden Parameter kann dabei durch Zugversuche an unter verschiedenen Winkeln aus dem Material herauspräparierten Probekörpern erfolgen. Eine besonders einfache Konstellation der durchzuführenden Zugversuche ergibt sich bei Kenntnis der Hauptorientierung der Verstärkung im jeweiligen Bauteilabschnitt.

## Vorgehensweise

Die Bestimmung der Hauptachse des Materialsystems erfolgt mittels 3-Punkt-Biegung an Rondens. Die Rondens werden dabei an geeigneter Stelle aus dem Bauteil präpariert und einer Biegeprüfung im linear elastischen Bereich unterzogen. Die Durchbiegung der Proben erfolgt weggesteuert und die resultierende Kraft wird registriert. Die Probe wird um äquidistante Abstände (z.B. 15°) gedreht und der Messvorgang wiederholt. Als Resultat erhält man Kräfte (bei konstanter Durchbiegung) in Abhängigkeit von der Rondensorientierung (Abb. 1). Mittels begleitender Finite-Elemente-Simulationen und ausgewählten Startparametern für die zu bestimmenden Materialkennwerte werden Modellrechnungen durchgeführt und der Einfluss von Variationen in den Werkstoffkenngrößen ermittelt. So führen z.B. Veränderungen im Schubmodul  $G_{12}$  zu einer Verschiebung der Lage des Minimums im Kraft-»Orientie-

rungs«-Diagramm. Werden solche Einflüsse nicht berücksichtigt kann es zu einer fehlerhaften Bestimmung der Hauptrichtung der Verstärkung kommen (Abb. 2).

## Ergebnisse

Bei dem hier untersuchten Material handelt es sich um Plattenmaterial aus verpressten Hanfvliesen. Die Herstellung der Hanfvliese über Stachelwalzen führt zu einer Orientierung der Fasern im Vlies. Nach Verpressung dieser Nadelvliese (50 Prozent PP, 50 Prozent Hanffasern) bleibt die Ausrichtung der Fasern im Bauteil partiell erhalten. Nach der Durchführung der Rondentests wurde die Hauptachse des Materialsystems bestimmt. Die 5 unabhängigen elastischen Konstanten ( $E_1, E_2=E_3, n_{12}=n_{13}, n_{23}, G_{12}=G_{13}, G_{23}=f(E_2, n_{23})$ ) des als transversal isotrop angenommenen Verbundes wurden auf der Basis von in-plane Zugversuchen ermittelt und als Eingabegrößen für die Finite-Elemente-Simulation verwendet. Unter Beachtung der Streuung der Kennwerte über die Platte ergibt sich eine gute Übereinstimmung (Abb. 1) zwischen Simulation und Experiment.

Andreas Krombholz  
andreas.krombholz@iwmh.fraunhofer.de

## Leistungsbereich Einsatzverhalten von Polymerwerkstoffen und Bauteilen

Ziel ist die Entwicklung vereinfachter Experimente und ihrer Interpretation mittels Finite-Elemente-Simulation zur Bestimmung von Materialkennwerten in unidirektional verstärkten Materialien.

## Ansprechpartner:

Dr. Peter Lühe  
peter.luehe@iwmh.fraunhofer.de

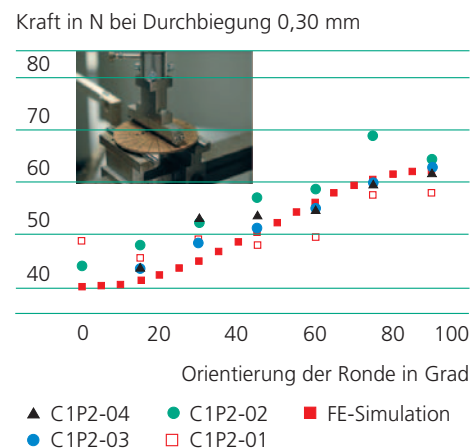


Abb. 1 Vergleich Experiment und Simulation des 3-Punkt-Biege-Tests an Rondens (Material: verpresste Hanfvliese), die Rondens (C1P2-01...04) wurden an verschiedenen Orten im Bauteil herauspräpariert.

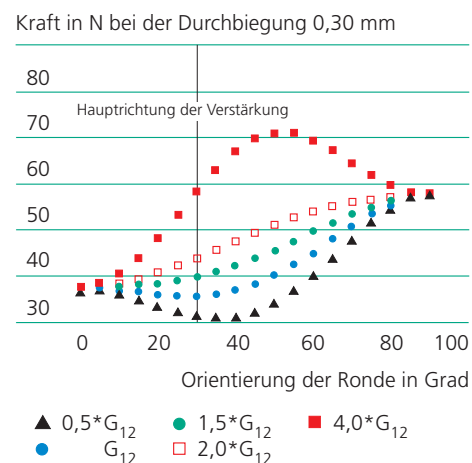


Abb. 2 Finite-Elemente-Simulation der 3-Punkt-Biegung an Rondens zur Untersuchung des Einflusses der Variation von Materialparametern (z.B.  $G_{12}$ ) auf die Lage der minimalen Kraft bei konstanter Durchbiegung zur Berücksichtigung bei der Ermittlung der Hauptachse des Materialsystems.

# Kompetenzzentren

## Wasserstoff in Metallen und dessen Risikopotenzial im Einsatz

In vielen Anwendungen des Maschinen- oder Fahrzeugbaus geben Schadensfälle oder Produktionsausfälle den Anstoß, Fertigungstechnologien, Werkstoffeinsatz, Konstruktionen und tatsächliche Beanspruchungen kritisch zu hinterfragen. Ein häufiges Problem ist dabei die mangelnde Zähigkeit des eingesetzten Werkstoffs. Diese kann durch atomaren Wasserstoff extrem reduziert werden und zu plötzlichem Versagen von Bauteilen oder Komponenten führen.

### Aufgabenstellung

Um das Risikopotenzial von atomarem Wasserstoff in metallischen Bauteilen im Einsatz sicher bewerten zu können, galt es zunächst, ein Analyseverfahren zu entwickeln. Dieses hatte vor allem das Ziel, den Bindungszustand des Wasserstoffs in Metallen mit vertretbarem Aufwand schnell abzubilden.

### Vorgehensweise

Ausgangspunkt war das »normale« Wasserstoffanalyseverfahren auf Grundlage der Heiß- bzw. Schmelzextraktion. Bei diesem Verfahren werden die Möglichkeiten des kontrollierten Aufheizens bei gleichzeitiger Analyse ausgenutzt und eine quantitative Trennung der verschiedenen Bindungszustände in einer Messung ermöglicht. Um das Risikopotenzial im Einsatz einschätzen zu können, wurden neben der Ermittlung von mechanischen Kennwerten auch die Beanspruchungen berechnet.

### Ergebnisse

In vielen Anwendungsfällen liefert der Gesamtwasserstoffgehalt keine sichere Aussage zum Risikopotenzial durch atomaren Wasserstoff. Zumeist liefert der diffusive Wasserstoff den entscheidenden Beitrag zum Risikopotenzial, weshalb dessen Abtrennung vom tiefer getrapten (fester gebundenen) Wasserstoff erfolgte. Gleichzeitig konnte die Veränderung des Bindungs-

zustandes des Wasserstoffes (Zahl der nachweisbaren Trapplätze) in Abhängigkeit von der Mikrostruktur z.B. bei verschiedenen Wärmebehandlungszuständen oder in galvanischen Prozessen nachgewiesen werden. Damit konnten Rückschlüsse auf die Wasserstoffquellen gezogen werden. So ist zum Beispiel korrosiv entstandener Wasserstoff meist deutlich leichter gebunden, er effundiert also bereits bei niedrigerer Temperatur als der bei hohen Temperaturen eingebrachte Wasserstoff. An Ausscheidungen und Fehlstellen wie z.B. Mangansulfiden im Stahl ist der Wasserstoff signifikant fester gebunden. Diese physikalisch und chemisch bekannten Tatsachen konnten an praktischen Fällen zur Unterstützung von Risikobewertungen am Bauteil und an Fügeverbindungen gezeigt werden. Da ohne makroskopische Zugspannungen oder Zugeigenspannungen auch atomarer Wasserstoff in metallischen Bauteilen allein kaum zum Versagen führt, war die Kopplung mit Beanspruchungsszenarien und –simulationen der entscheidende Schritt für die Bewertungen des Risikopotenzials im Einsatz. Zurzeit werden diese Verfahrenansätze auch für Schweißverbindungen und Beschichtungsprobleme mit Erfolg eingesetzt. Die angewandte Technologie stellt eine sehr gute Ergänzung zu anderen zumeist sehr aufwendigen Verfahren dar.

### Ansprechpartnerin:

Dr. Simone Schwarz  
simone.schwarz@iw.fraunhofer.de

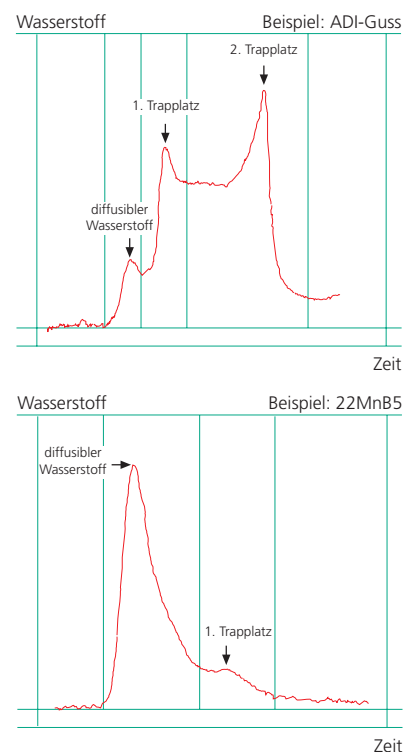


Abb. 1 Wasserstoffeffusionskurven bei kontrolliertem Ausheizen an zwei Beispielen.

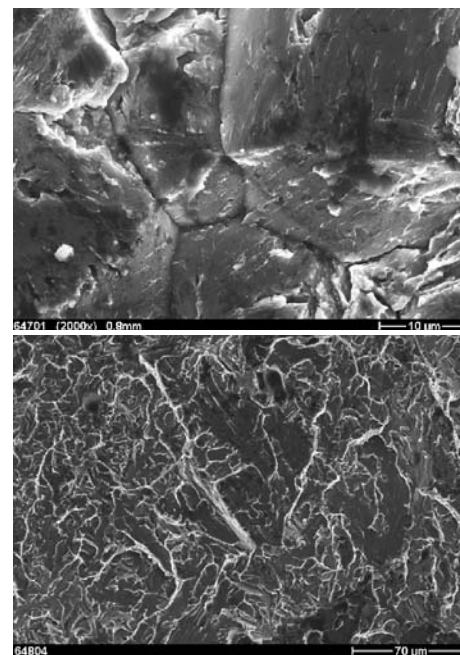


Abb. 2 Erscheinungsbild eines wasserstoffinduzierten Sprödbruchs.

## Das Fraunhofer-Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und -verarbeitung

Am 22. Juni 2005 wurde das Fraunhofer-Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und -verarbeitung PAZ im ValuePark der Dow Olefinverbund GmbH, Schkopau, eröffnet. Das PAZ ist durch eine gemeinsame Initiative der Fraunhofer-Institute für Angewandte Polymerforschung IAP und Werkstoffmechanik IWM entstanden. Es ist als selbstständiger Forschungsbereich in das Fraunhofer IAP eingebunden. Auftrag ist die Entwicklung neuer Produkte und Technologien entlang der gesamten Wertschöpfungskette ausgehend vom Monomer über die Synthese und Verarbeitung bis zum geprüften Bauteile nach Maß.

Für die Polymersynthese stehen sieben flexible Linien zur Realisierung unterschiedlicher Syntheseverfahren bereit. Mit den Syntheselinien für Lösungs- und Massepolymerisation sowie Reaktivextrusion kann die so genannte Hochviskostechnologie abgebildet werden. Für die Niedrigviskostechnologie stehen die diskontinuierliche oder kontinuierliche Emulsionspolymerisation, die Suspensionspolymerisation, Gasphasenreaktionen, z. B. Hydrierprozesse, und eine Rührkesselkaskade zur Verfügung. Ein zentrales Prozessleitsystem überwacht und steuert alle Syntheselinien. Die Reaktionsführung ist in einem Temperaturbereich von -25 bis 350 °C und bei Drücken bis 100 bar möglich. Die Syntheselinien werden komplettiert durch Finishing-Stufen wie Nassgranulierung, Zentrifugen, Band-, Sprüh- und Fließtrocknung. Im Bereich Hochviskostechnologien werden die Möglichkeiten durch die geplante Installation eines Scheibenreaktors erweitert.

Für die auf die Compoundierung fokussierte und mit der Synthese verzahnte Polymerverarbeitung steht die modernste auf dem Markt verfügbare Anlagentechnik bereit: ein Injection Moulding Compounder KM 1300-

14000 IMC (Schließkraft 1300 t) der Firma Krauss Maffei. Mit dieser neuen Technologie können reale Bauteile wie Front Ends für die Automobilindustrie hergestellt werden. Ein gleichlaufender paralleler Doppelschneckenextruder (Durchsatz 400 kg/h) und eine Spritzgießmaschine (Schließkraft 200 t) bieten eine gute Grundlage für anstehende Verarbeitungsaufgaben. Beim Compoundieren wird neben Polymeren auch eine breite Palette von Fasermaterialien und Füllstoffen (Glasfasern, Holz, Nanoteilchen) unterschiedlicher stofflicher Basis verarbeitet.

Die derzeitige technische Ausstattung ist auf Synthesekautschuk, Polyolefine, PVC, Polyester und Polyamid ausgerichtet.

Das Leistungsangebot umfasst Polymersynthesen im Labormaßstab und die verfahrenstechnische Überführung in die Pilotanlagen (bis zu 750 l Reaktorvolumen), die technologische Optimierung von Reaktionsführungen einschließlich der Reaktorgeometrie, Auftrags-synthesen mit der Herstellung von Testchargen, die Entwicklung von Kunststoffcompounds, die Austestung und Optimierung von Compoundier- und Verarbeitungsprozessen sowie die Ermittlung der Materialstruktur und Korrelation mit den Eigenschaften. Die Bewertung der Bauteile am Ende der Wertschöpfungskette erfolgt im Fraunhofer IWM.

Schon heute darf das Fraunhofer-Pilotanlagenzentrum für Polymersynthesen und -verarbeitung als Leuchtturm in der Forschungslandschaft der neuen Bundesländern betrachtet werden.

**Ansprechpartner:**  
Dr. Peter Lühe  
[peter.luehe@iwm.fraunhofer.de](mailto:peter.luehe@iwm.fraunhofer.de)



Das Fraunhofer-Pilotanlagenzentrum für Polymersynthesen und -verarbeitung in Schkopau

## *crashMAT*, Freiburger Zentrum für crashrelevante Material- und Bauteilcharakterisierung

*crashMAT* hat sich die Bewertung und Verbesserung der Crashesicherheit von Komponenten und Baugruppen zum Ziel gesetzt und steht für die Kooperation der Fraunhofer-Institute IWM und EMI.

Wichtige, übergreifend bearbeitete Entwicklungsfelder sind:

- Aufklärung des mechanischen Verhaltens in Abhängigkeit von der Werkstoffmikrostruktur,
- Ermittlung von Verformungs- und Versagensparametern für die Crashsimulation,
- Verknüpfung von Prozesssimulation (Umformen, Schweißen, Gießen etc) und Crashsimulation,
- Entwicklung und Auslegung ein-satzorientierter Werkstoff- und Bauteilcrashtests.

Insbesondere der Einsatz zunehmend höher ausgenutzter Werkstoffe (Metalle, Kunststoffe) und Werkstoffverbunde stellt hohe Anforderungen an die Entwicklung prognosefähiger Material- und Schädigungsmodelle.

Einen wichtigen Baustein liefert ein Mitte des Jahres begonnenes, vom FAT begleitetes, AiF-Projekt indem Verfahren zur Ermittlung gültiger Werkstoffkennwerte für die Crashsimulation dargestellt werden. Geeignete Prüfmethode und Auswerteverfahren für verschiedene Werkstoffgruppen (Stahl, Al- und Mg-Legierungen) und Produkte (Blech, Strangpressprofil und Guss) sollen so einem breiten Kreis von Anwendern zur Verfügung gestellt werden.

Erstmals wurden in diesem Jahr Ergebnisse und Entwicklungen des *crashMAT* Zentrums im Rahmen von Hausmessen bei interessierten Kunden (z.B. der Audi AG und der Porsche AG) vorgestellt. Aufgrund der positiven Resonanz werden diese Veranstaltungen auch künftig angeboten.

Darüber hinaus findet am 25. und 26. April 2006 der 4. *crashMAT* Workshop in Freiburg statt, [www.crashmat.de](http://www.crashmat.de). Die geplanten Vorträge behandeln die Themenschwerpunkte

- Prozesskettensimulation,
- Verbindungstechniken,
- Airbags,
- Innovative Messtechniken,
- Neue Simulationsmethoden,
- Werkstoffmodelle

und bieten Möglichkeiten zur Diskussion zukünftiger Forschungsinhalte mit Partnern aus der Automobilindustrie und der Welt der Crash-Forschung.

### **Ansprechpartner:**

**Dr. Michael Luke**  
[michael.luke@iwm.fraunhofer.de](mailto:michael.luke@iwm.fraunhofer.de)

**Priv.-Doz. Dr. Stefan Hiermaier**  
[stefan.hiermaier@emi.fraunhofer.de](mailto:stefan.hiermaier@emi.fraunhofer.de)



Geschweißtes Al-Profil nach Crashbeanspruchung

# Das Fraunhofer IWM in der Fraunhofer-Gesellschaft:

## Kooperationen und Vernetzung

# Die Fraunhofer-Gesellschaft

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt anwendungsorientierte Forschung zum direkten Nutzen für Unternehmen und zum Vorteil der Gesellschaft. Vertragspartner und Auftraggeber sind Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowie die öffentliche Hand. Im Auftrag und mit Förderung durch Ministerien und Behörden des Bundes und der Länder werden zukunftsrelevante Forschungsprojekte durchgeführt, die zu Innovationen im öffentlichen Nachfragebereich und in der Wirtschaft beitragen.

Mit technologie- und systemorientierten Innovationen für ihre Kunden tragen die Fraunhofer-Institute zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei. Dabei zielen sie auf eine wirtschaftlich erfolgreiche, sozial gerechte und umweltverträgliche Entwicklung der Gesellschaft.

Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bietet die Fraunhofer-Gesellschaft die Möglichkeit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung für anspruchsvolle Positionen in ihren Instituten, in anderen Bereichen der Wissenschaft, in Wirtschaft und Gesellschaft.

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt derzeit rund 80 Forschungseinrichtungen, davon 58 Institute, an über 40 Standorten in ganz Deutschland. Rund 12 500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von über 1 Milliarde Euro. Davon fallen mehr als 900 Millionen Euro auf den Bereich der Vertragsforschung. Rund zwei Drittel dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Ein Drittel wird von Bund

und Ländern beigesteuert, auch um damit den Instituten die Möglichkeit zu geben, Problemlösungen vorzubereiten, die in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

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

Mitglieder der 1949 gegründeten und als gemeinnützig anerkannten Fraunhofer-Gesellschaft sind namhafte Unternehmen und private Förderer. Von ihnen wird die bedarfsorientierte Entwicklung der Fraunhofer-Gesellschaft mitgestaltet.

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

# Der Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile

Der Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile bündelt die Kompetenzen der materialwissenschaftlich orientierten Institute der Fraunhofer-Gesellschaft. Fraunhofer-Materialforschung umfasst die gesamte Wertschöpfungskette von der Entwicklung neuer und der Verbesserung bestehender Materialien über die Herstelltechnologie im industriellen Maßstab, die Charakterisierung der Eigenschaften bis hin zur Bewertung des Einsatzverhaltens. Entsprechendes gilt für die aus den Materialien hergestellten Bauteile und deren Verhalten in Systemen. In all diesen Feldern werden neben den experimentellen Untersuchungen in Labors und Technika gleichrangig die Verfahren der numerischen Simulation und Modellierung eingesetzt. Stofflich deckt der Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile den gesamten Bereich der metallischen, anorganisch-nicht-metallischen, polymeren und aus nachwachsenden Rohstoffen erzeugten Werkstoffe ab. Mit Schwerpunkt setzt der Verbund sein Know-how in den volkswirtschaftlich bedeutenden Handlungsfeldern Energie, Gesundheit, Mobilität, Informations- und Kommunikationstechnologie sowie Bauen und Wohnen ein, um über maßgeschneiderte Werkstoff- und Bauteilentwicklungen Systeminnovationen zu realisieren. Mittelfristige Schwerpunktthemen des Verbundes sind unter anderem:

- Steigerung der Effizienz von Systemen der Energiewandlung und Energiespeicherung,
- Verbesserung der Biokompatibilität und Funktion von medizin- oder biotechnisch eingesetzten Materialien,
- Erhöhung der Integrationsdichte und Verbesserung der Gebrauchseigenschaften von Bauteilen der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik,
- Erhöhung von Sicherheit und Komfort, Reduzierung des Ressourcenverbrauchs bei Verkehrstechnik, Maschinen- und Anlagenbau.

## Die Institute

### Fraunhofer-Institut für Kurzzeiddynamik EMI

Leitung: Prof. Dr. Klaus Thoma  
79104 Freiburg  
Tel. +49 (0) 7 61/27 14-0  
E-Mail: info@emi.fraunhofer.de  
Internet: www.emi.fraunhofer.de

### Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP

Leitung: Dr. Ulrich Buller  
Wissenschaftspark Golm  
14476 Potsdam  
Tel. +49 (0) 3 31/5 68-10  
Internet: www.iap.fraunhofer.de

### Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Leitung: Prof. Dr. Gerd Hauser,  
Prof. Dr. Klaus Sedlbauer  
Institutsteil Stuttgart  
70569 Stuttgart  
Tel. +49 (0) 7 11/9 70-00  
Institutsteil Holzkirchen  
83626 Valley/Oberlaindern  
Tel. +49 (0) 80 24/6 43-0  
Internet: www.ibp.fraunhofer.de

### Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT

Leitung: Prof. Dr.-Ing. Peter Eyerer,  
Dr.-Ing. Peter Elsner  
76327 Pfinztal  
Tel. +49 (0) 7 21/46 40-0  
Internet: www.ict.fraunhofer.de

### Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM Bereich Endformnahe Fertigungstechnologien

Leitung: Prof. Dr. Matthias Busse  
28359 Bremen  
Tel. +49 (0) 4 21/22 46-0  
Internet: www.ifam.fraunhofer.de  
**Bereich Klebtechnik und Oberflächen**  
Leitung: Prof. Dr. Otto-Diedrich Hennemann  
Tel. +49 (0) 4 21/22 46-4 00  
Internet: www.ifam.fraunhofer.de

### Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS

Leitung: Prof. Dr. Alexander Michaelis  
01277 Dresden  
Tel. +49 (0) 3 51/25 53-5 19  
Internet: www.ikts.fraunhofer.de

### Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC

Leitung: Prof. Dr. Gerd Müller  
97082 Würzburg  
Tel. +49 (0) 9 31/41 00-0  
Internet: www.isc.fraunhofer.de

### Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Leitung: Prof. Dr. Joachim Luther  
79110 Freiburg  
Tel. +49 (0) 7 61/45 88-0  
Internet: www.ise.fraunhofer.de

### Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM

Leitung: Prof. Dr. Peter Gumbsch  
79108 Freiburg  
Tel. +49 (0) 7 61/51 42-0  
E-Mail: info@iwm.fraunhofer.de  
Internet: www.iwm.fraunhofer.de

### Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP

Leitung: Prof. Dr. Michael Kröning  
66123 Saarbrücken  
Tel. +49 (0) 6 81/93 02-0  
Internet: www.izfp.fraunhofer.de

### Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF

Leitung: Prof. Dr. Holger Hanselka  
64289 Darmstadt  
Tel. +49 (0) 61 51/7 05-1  
Internet: www.lbf.fraunhofer.de

### Fraunhofer-Institut für Holzforschung WKI

Leitung: Prof. Dr. Rainer Marutzky  
38108 Braunschweig  
Tel. +49 (0) 5 31/21 55-0  
Internet: www.wki.fraunhofer.de

Vorsitzender des Verbundes:

Dr. Ulrich Buller, Fraunhofer IAP

Stellvertretender Vorsitzender des Verbundes:

Prof. Dr. Holger Hanselka, Fraunhofer LBF

## Kontakt

Katja Okulla  
Fraunhofer IAP  
14476 Potsdam  
Telefon +49 (0) 3 31/5 68-11 51  
Fax +49 (0) 3 31/5 68-25 51  
E-Mail katja.okulla@iap.fraunhofer.de  
www.vwb.fraunhofer.de



## **Fraunhofer-Themenverbund Verkehr**

Im Fraunhofer-Themenverbund Verkehr bündeln sechzehn Fraunhofer-Institute ihre verkehrsrelevanten Kompetenzen. Zu den Themenschwerpunkten zählen: Verkehrsmanagement und -systeme; Güterverkehr und Logistik; IT-Systeme für Fahrzeug und Fahrer einschließlich Mikroelektronik-Komponenten; Werkstoffe und Komponenten; Diagnose, Instandhaltung und Sicherheit.

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

Ansprechpartner im Fraunhofer IWM:  
Dr. Michael Luke

## **Fraunhofer-Themenverbund Adaptronik**

Adaptronik integriert aktuatorische und sensorische Funktionen in Strukturen und verknüpft diese durch adaptive regelungstechnische »Intelligenz«. Hierdurch können Strukturen ihren Zustand selbst erkennen und aktiv auf ihn reagieren. Die Adaptronik hat ein besonderes Einsatzpotenzial in den Bereichen der Fahrzeugtechnik, dem Werkzeugmaschinen- und Anlagenbau, der Medizin- und Luft- und Raumfahrttechnik, der Optik und Wehrtechnik.

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

Ansprechpartnerin im Fraunhofer IWM: Dr. Bärbel Thielicke

## **Fraunhofer-Themenverbund Nanotechnologie**

Nanotechnologie umfasst Querschnittstechnologien mit Werkstoffen, Bauteilen und Systemen, deren Funktion auf den besonderen Eigenschaften nanoskaliger (< 100 nm) Größenordnung beruhen. In der Fraunhofer-

Gesellschaft sind mehr als 20 Institute auf diesem Gebiet tätig. Der Themenverbund fokussiert seine Aktivitäten auf zwei Leitthemen: Multifunktionelle Schichten für den Automobilbereich und das Design spezieller Nanopartikel als Trägersubstanzen für Biotechnik und Medizin.

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

Ansprechpartner im Fraunhofer IWM:  
Dr. Michael Moseler,  
Dr. Andreas Heilmann

## **Fraunhofer-Themenverbund Hochleistungskeramik, Fraunhofer- Demonstrationszentrum Hochleistungs- keramik**

Werkstoffe und Bauteile auf der Basis von Hochleistungskeramik stellen ein ausgewiesenes Kompetenzfeld der Fraunhofer-Gesellschaft dar. Entlang der gesamten Wertschöpfungskette reicht das Forschungsspektrum von der Modellierung und Simulation über die anwendungsorientierte Entwicklung von Werkstoffen, Fertigungsprozessen und Bearbeitungstechnologien bis hin zur Bauteilcharakterisierung, Bewertung und zerstörungsfreier Prüfung unter Einsatzbedingungen.

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

Ansprechpartner im Fraunhofer IWM:  
Dr. Ralf Westerheide

## **Fraunhofer-Themenverbund Numerische Simulation von Produkten, Prozessen**

Das Ziel des Themenverbundes ist es, institutsübergreifende Aufgabenstellungen zur Entwicklung und Verbesserung von Simulationsverfahren aufzugreifen und als Ansprechpartner für öffentliche und industrielle Auftraggeber die Interessen der im Verbund zusammengeschlossenen Institute zu

vertreten. Die Bündelung der Kompetenzen aus dem IuK-Bereich mit dem Werkstoff- und Bauteil-Know-how, sowie mit der Oberflächen- und Produktionstechnik verspricht innovative Ergebnisse.

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

Ansprechpartner im Fraunhofer IWM:  
Dr. Ralf Mohrmann

### **Fraunhofer Demonstrationszentrum Umform- und Schneidwerkzeuge ZEUS**

Das Fraunhofer-Demonstrationszentrum ZEUS bündelt innovative Lösungen von Fraunhofer-Instituten für die Prozessketten in Umformprozessen. Angeboten werden Leistungen für Serien- und Prototypenwerkzeuge vom Designmodell über die Werkzeugentwicklung, Werkzeugkonstruktion, Werkzeugfertigung bis zum Try-Out und der Sicherung von Produktionsstabilität bzw. Reproduzierbarkeit der Serienfertigung.

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

Ansprechpartner im Fraunhofer IWM:  
Dr. Thomas Hollstein

### **Integrierte Leichtbausysteme (Fraunhofer-Innovationsthema, Gesamtkoordination Fraunhofer IWM)**

Die Institute der Fraunhofer-Gesellschaft stellen in vielen Disziplinen des Leichtbaus ihre Kompetenz zur Generierung fachspezifischer Innovationen und deren Überführung in die Praxis unter Beweis. Zusammen bilden sie darüber hinaus auch die für die Schlüsseltechnologie »Leichtbau« relevanten Kompetenzfelder in ihrer Breite ab. Durch die Bündelung der systemübergreifenden Leichtbaukompetenzen ihrer Institute und deren Weiterent-

wicklung ist die Fraunhofer-Gesellschaft in der Lage, sich noch wirkungsvoller für die Erhaltung und den Ausbau der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen und europäischen Fahrzeug- und Maschinenbauindustrie einzusetzen. Mit institutsübergreifenden Projekten und koordinierter Vorlauforschung gehen die Fraunhofer-Institute gemeinsam die Herausforderung »Integrierte Leichtbausysteme« an.

Ansprechpartner im Fraunhofer IWM:  
Dr. Thomas Hollstein

### **Simulierte Realität: Werkstoffe, Produkte und Prozesse (Fraunhofer-Innovationsthema, Gesamtkoordination Fraunhofer IWM und Fraunhofer ITWM)**

Simulierte Realität bezeichnet den Ansatz, naturwissenschaftlich/technische Simulation und Optimierung mit modernen Visualisierungs- und Interaktionsmethoden wie Virtual Reality zusammenzuführen. Schwerpunkt ist die Entwicklung von Softwarewerkzeugen für ein integriertes Design von Werkstoffen, Produkten und Prozessen. Diese gestatten sowohl die simulationsbasierte Abwägung von Varianten (Computational Engineering) als auch eine multikriterielle Optimierung (Reverse Engineering). Simulierte Realität beschleunigt durch Multiskalenmaterialmodellierung die Bauteilentwicklung und verbessert das Verständnis des Bauteilverhaltens. Für ein integriertes Design von Produkten und Prozessen werden Virtual-Reality-basierte interaktive Entscheidungswerkzeuge bereitgestellt.

Ansprechpartner im Fraunhofer IWM:  
Prof. Dr. Peter Gumbsch

## Gemeinschaftsforschung in der Fraunhofer-Gesellschaft

### **Kontinuierliche Technologie zur Herstellung von Saphirfasern (KonTeSa)**

Die Wirtschaftsorientierte Strategische Allianz KonTeSa zielt auf eine neuartige, kontinuierliche Technologie zur Herstellung von sehr dünnen Saphirfasern mit Durchmessern von ca. 12  $\mu\text{m}$ . Die Gefüge der Fasern sollen zur Erreichung einer hohen Kriechfestigkeit zu 80 Volumenprozent aus Einkristallen von 150  $\mu\text{m}$  und länger bestehen. Diesen Part bearbeitet das Fraunhofer ISC in Würzburg. Die Aufgaben des Fraunhofer IWM bestehen in der numerischen Simulation zum Kornwachstum sowie in der mikrostrukturellen und mechanischen Charakterisierung der zu entwickelnden Fasern und einkristallinen Faserabschnitte.

Ansprechpartner im Fraunhofer IWM:  
Dr. Bärbel Thielicke,  
Dr. Manfred Fütting

### **Innovative Faserverbundstrukturen**

Ziel der Institutsallianz ist die Erschließung neuer Marktsegmente auf dem Gebiet der thermoplastischen Faserverbundwerkstoffe. Die Entwicklung großserienfähiger Anbindungstechniken zur Integration von tragenden Strukturbauteilen aus thermoplastischen Faserverbundwerkstoffen in die angrenzende Gesamtstruktur schließt die noch bestehende Lücke zwischen Bauteilentwicklung und Verfahrensentwicklung.

Ansprechpartner im Fraunhofer IWM:  
Dr. Michael Busch

## Gemeinschaftsforschung in der Fraunhofer-Gesellschaft

### Neue Commodity-Materialien auf Polymerbasis

Angestrebt wird die Entwicklung neuer spritzgussfähiger faserverstärkter Verbundmaterialien mit preisgünstigen thermoplastischen Commodity-Kunststoffen als Matrixmaterial und technischen Cellulose regeneratfasern als Verstärkungskomponente. Ziel sind Sandwich-Konstruktionen für Leichtbau-Fahrzeugbeplankungen und der Einsatz dieser neuen Verbundmaterialien in höher belastbaren Fahrzeugteilen.

Ansprechpartner im Fraunhofer IWM:  
Dr. Michael Busch

### MMM-Tools – Multiskalenmodellierung

Ziel ist die Entwicklung einer kohärenten Methodik zum Multiskalenverständnis von Werkstoffen und Herstellungsprozessen, die von der quantenmechanischen Modellierung der Mikrostruktur und elementarer chemischer Reaktionen bis hin zur kontinuumsmechanischen Simulation der makroskopischen Materialeigenschaften reicht. Der entstehende MMM-Werkzeugkasten soll grundlegende Module zur Simulation des Werkstoffverhaltens auf verschiedenen Dimensionsebenen beinhalten.

[www.mmm-tools.de](http://www.mmm-tools.de)

Ansprechpartner im Fraunhofer IWM:  
Prof. Dr. Christian Elsässer

### Technische Nutzung von Forisomen

Im Rahmen dieses Projektes soll ein erst kürzlich charakterisiertes mechano-chemisches Protein – das Forisom – auf biotechnologischer Basis hergestellt und technische Einsatzmöglichkeiten für Mikro- und Nanosysteme gefunden werden. Die biophysikalischen Eigenschaften werden bewertet (Morphologie, Kraftwirkung, mechanische Einsatzbewertung) und Prototypen für Mikro- und Nanosysteme (z. B. molekulare Pinzetten, mikrofluidische Schalter oder Linearmotoren) werden konstruiert.

Ansprechpartner im Fraunhofer IWM:  
Dr. Andreas Heilmann

### Nano- und Mikrostrukturen in Bauteilen mit hoher Zuverlässigkeit der Funktionseigenschaften - nano Z

Es werden neue Analyse- und Bewertungsverfahren entwickelt, mit denen zuverlässigkeitsbestimmende Prozesse in der Grenzflächen komplexer technischer Systeme bis in den Nanobereich hinein analysiert, bewertet und beherrscht werden können. Der Schwerpunkt liegt in der Untersuchung elementarer Schädigungsprozesse an elektromechanisch, thermomechanisch, biochemisch-biomechanisch und elektrochemisch beanspruchten Materialverbänden, die die Funktion und Zuverlässigkeit beispielsweise von mikroelektronischen Bauelementen, keramischen Aktuatoren, Brennstoffzellen oder schaltbaren Polymerschichten bestimmen.

Ansprechpartner im Fraunhofer IWM:  
Dr. Matthias Petzold

### Carbon Nanotube Aktoren (Carnak)

Ziel ist die Optimierung der elektrochemischen Aktuation von Papier aus Kohlenstoffnanoröhrchen. Das Fraunhofer IWM ist innerhalb des Konsortiums für die Multiskalenmodellierung der zugrundeliegenden Mechanismen zuständig.

Ansprechpartner im Fraunhofer IWM:  
Dr. Michael Moseler

# Anhang

## Preise und Ehrungen

Preis der Fa. J. Eberspächer GmbH & Co. für die Diplomarbeit »Zur Modellierung von Hochtemperaturverformung und Schädigung einer Nickelbasislegierung« im Fachbereich Maschinenbau. Verliehen von der Fachhochschule Esslingen am 11.02.2005 an Gerhard Maier

Verleihung des Werkstoffmechanikpreises der Sinterstahl GmbH an Dr. Tom Walde am 04.05.2005 anlässlich der Kuratoriumssitzung des Fraunhofer IWM. Anerkennungsprämie für Nominierung zum Werkstoffmechanik-Preis an Dr. Frank Burmeister und an Christian Dresbach.

Verleihung des Best-Paper-Awards auf der IMAPS 2005 an Dr. Torsten Kraft am 11.10. 2005 in München

Hugo-Geiger-Preis der Fraunhofer-Gesellschaft an Andreas Hüb für die Diplomarbeit zur »Kultivierung von Leberzellen auf nanoporösen Aluminiumoxid-Membranen«. Verliehen anlässlich der Jahrestagung der Fraunhofer-Gesellschaft am 19.10.2005 in Magdeburg

## Gäste im Institut Freiburg

Ibrahim-Zaed Al-Shani  
Albert-Ludwigs-Universität  
Freiburg, DFG MATModell

Prof. El-Bataghy  
CMRDI, Cairo

Hongyan Che  
Lanzhou University of Technology,  
China

Lucio Colombi Ciacchi  
Stipendiat der Alexander-von-  
Humboldt Stiftung

Adham Hashibon, Postdoc  
Stipendiat der Minerva-Stiftung  
bis März 2005

Björn Henrich  
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Bernd Huber  
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Marcin Kniec  
Lublin University of Technology,  
Poland (Marie Curie Scholarship)

Pekka Koskinen  
Postdoc der Academy of Finland

Gianpietro Moras  
King's College London, United  
Kingdom (Stipendiat HPC-Europa)

Jan Ocenasek  
Postdoc-Stipendiat EU Research  
Training Network SizeDepEn

Manel Rodriguez Ripoll  
Stipendiat EU Research Training  
Network SizeDepEn

Benedict J. Russell  
Cavendish Laboratory, Cambridge,  
United Kingdom (Stipendiat HPC-  
Europa)

Jiri Svoboda  
Universität Brno, Tschechische  
Republik

Hongwei Wang  
Stipendiat BMWFK (Akademisches  
Auslandsamt der Universität  
Karlsruhe)

Hanxing Zhu  
Stipendiat des Netzwerks  
»Network of Excellence,  
Knowledge-Based  
Multicomponent Materials for  
Durable and Safe Performance«

## Dissertationen

Stefan Henn  
Universität Karlsruhe  
Bauteilorientierte Entwicklung  
von Rissinitiationsmodellen für  
Aluminium-Gusslegierungen unter  
monotoner Belastung

Andriy Krasowsky  
Universität Karlsruhe  
Verbesserte Vorhersage der Rück-  
federung bei der Blechumformung  
durch weiterentwickelte Werkstoff-  
modelle

Roland Treitler  
Universität Karlsruhe  
Versagensmodelle für Al-Druck-  
gusslegierungen zur virtuellen  
Funktionsabsicherung

Tom Walde  
Universität Karlsruhe  
Modellierung der Textur- und  
Anisotropieentwicklung beim  
Walzen – Kopplung der Finite-  
Elemente-Methode mit mikrostruk-  
turbasierten Modellen

## Habilitation

Ingo Schmidt  
Universität Darmstadt  
Deformation-induced Anisotropy  
and Ductile Crack Growth in  
Metallic Foams

## Diplomarbeiten

Sandy Bennemann  
Universität Dresden  
Mikrostruktur und Zuverlässigkeit  
von UFLGA-Bauelementen

Stefan Bersch  
Fachhochschule Koblenz  
Finite-Elemente-Modellierung eines  
Kontaktexperiments zur Bestim-  
mung der Grenzflächenfestigkeit  
beim Entformen von Kunststoff-  
teilen

Guido Colelli  
Fachhochschule Offenburg  
Erweiterung eines Prüfstands zur  
Untersuchung der Schädigung  
von Werkstoffen unter Wälzbean-  
spruchung

Christian Dresbach  
Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg  
Festigkeit und Zuverlässigkeit von  
Silicium-Glaslot-Verbindungen

Frank Eberhardt  
Fachhochschule Merseburg  
Deposition und Eigenschaften  
dünner Polymerschichten mit  
eingelagerten Fullerenen

Stephan Eißner  
Fachhochschule Merseburg  
Morphologische und physikoche-  
mische Untersuchungen an Fori-  
somen

Christian Franke  
Fachhochschule Merseburg  
Automatisierung eines Mikroskop-  
messplatzes zur Bestimmung klei-  
ner Kräfte an Proteinaggregaten

Markus Fritzsche  
Martin-Luther-Universität Halle-  
Wittenberg  
Physikochemische Untersuchungen  
zum Schaltverhalten und zur che-  
momechanischen Kraftwirkung von  
Forisomen

Christian Große  
Fachhochschule für Technik,  
Wirtschaft und Kultur, Leipzig  
Konzeptionierung einer in situ  
Einrichtung zum Handling mikro-  
metergroßer Probensegmente in  
einer Zweistrahl-FIB-Präparations-  
anlage

Birgit Haug  
Fachhochschule Furtwangen  
Untersuchungen zur Herstellung  
von Präzisionskomponenten durch  
schnelles Heißprägen organischer  
Gläser für Anwendungen in opti-  
schen Systemen

Marc-Antoine Helleboid  
Institut supérieur de mécanique de  
Paris, Supméca  
Modelling of heterogeneous  
materials, Case study: Block-  
Copolymers

Jens Hoffmann  
Fachhochschule Anhalt, Köthen  
Entwicklung eines in vitro - Modell-  
systems zur Untersuchung der  
Penetrationskompetenz pflanzen-  
pathogener Pilze

Andreas Höß  
Martin-Luther-Universität Halle-  
Wittenberg  
Co-Kultivierung von Zellkulturen  
auf nanoporösen Trägermaterialien

Alexandre Huat  
Institut Supérieur de Mécanique de  
Paris, Supméca  
Finit-Element-Analysis of a piezo-  
electric micropump

Frauke Junghans  
Martin-Luther-Universität Halle-  
Wittenberg  
Mikromechanische Charakterisie-  
rung von Seidenproteinschichten

Robert Klengel  
Universität Dresden  
Mikrostrukturelle Untersuchungen  
der Verbindungsbildung beim  
Thermosonic-Golddrahtbonden auf  
Aluminiumpadmetallisierungen

Katharina Knorr  
Fachhochschule Anhalt, Köthen  
In situ Untersuchungen zur Ab-  
bildung von mechano-chemischen  
Proteinen im Rasterelektronen-  
mikroskop (ESEM)

Sebastian Knorr  
Fachhochschule für Technik,  
Wirtschaft und Kultur, Leipzig  
Entwicklung und Anwendung von  
FE-Modellen für Polysilizium auf  
Kornstrukturebene basierend auf  
der mikroskopischen Strukturauf-  
klärung von Kristallen mit EBSD

Sergii Kozhar  
Technische Universität Kiew  
Validierung von J-Integral- und  
Grenzlastlösungen für zylindrische  
und plattenförmige Bauteile mit  
Oberflächenrissen

Michael Kutsche  
Fachhochschule Anhalt, Köthen  
Mechanische Charakterisierung  
von pharmazeutischen Nagellack-  
filmen

Anett Lemanczyk  
Fachhochschule Merseburg  
Standardisierung und Qualitäts-  
sicherung bei Versuchsaufbauten in  
der chemischen Industrie, aufge-  
zeigt an einem Benutzerhandbuch  
»Herstellung von freitragenden  
nanoporösen Aluminiumoxidmem-  
branen«

Gerhard Maier  
Fachhochschule Esslingen  
Zur Modellierung von Hochtempe-  
raturverformung und Schädigung  
einer Nickelbasislegierung

Maria Morawietz  
Fachhochschule Anhalt, Köthen  
Mikromechanische und optische  
Untersuchungen an Schichten aus  
Seidenproteinen

Christian Müller  
Universität Kassel  
Abscheidung amorpher Kohlen-  
stoffschichten auf Polyetherketon  
und amorpher Siliziumoxidschich-  
ten auf Polycarbonat mittels  
PECVD-Verfahren

Nicolas Müller  
Fachhochschule Offenburg  
Ergänzungen an einer Drahtsäge  
und Drahtsägen von Silicium-  
Wafers aus Ingots unter unter-  
schiedlichen Bedingungen

Nicole Müller  
Fachhochschule Merseburg  
Oberflächenmodifizierung von  
Polymerfolien durch Coronaentla-  
dungen unter definierten klimati-  
schen Bedingungen

Sandra Nguyen  
Ecole Polytechnique de l'Université  
de Nantes  
Experimental and numerical investi-  
gations of spot weld fracture

Nils Riegler  
Fachhochschule Offenburg  
Herstellung asphärischer Press-  
werkzeuge für die Glasformge-  
bung durch Hochpräzisionsbear-  
beitung

Stefan Sandfeld  
Universität Stuttgart  
Comparative Study for Use of  
Numerical and Analytical Gradients  
in Parameter Identification

Tina Skowronek  
Fachhochschule Osnabrück  
Einfluss der Wasseraufnahme auf  
die Eigenspannungsentwicklung in  
Dentalkompositen

Tobias Spöri  
Berufsakademie Moosbach  
Konzeption und Aufbau einer  
Prozesssteuerung sowie Integration  
eines dynamischen Pressantriebs  
für eine Laborapparatur zum Heiß-  
pressen von optischen Linsen aus  
Glas

Torsten Theumer  
Fachhochschule für Technik,  
Wirtschaft und Kultur, Leipzig  
Konstruktion einer Probenhalte-  
rung für Mixed Mode Belastungen

Jessica Thomä  
Fachhochschule Merseburg  
Untersuchungen der Mikrostruktur  
und Zuverlässigkeit von mikroelek-  
tronischen WLP-Bauelementen

Annika Thormann  
Fachhochschule Anhalt, Köthen  
Entwicklung und Charakterisierung  
von mechanisch-stabilisierten  
nanoporösen Aluminiumoxidmem-  
branschichten

Ravula Venugopal  
Universität Stuttgart  
Simulation of instrumented inden-  
tation test on film-substrate  
systems

Simon Voß  
Fachhochschule Bonn-Rhein-Sieg  
Ermittlung der bruchmechanischen  
RisswachstumsKennwerte  $da/dN$   
und  $\Delta K_{th}$  für den Radsatzwellen-  
werkstoff 34CrNiMo6

René Wandschneider  
Fachhochschule Merseburg  
Untersuchungen zum Kontaktver-  
halten von Probenadelmaterialien  
für die Halbleiterindustrie

Sabine Weinert  
Fachhochschule Merseburg  
Konstruktion einer Probenhalte-  
rung für Mixed Mode Belastungen

Jan Wenck  
Universität Siegen  
Untersuchung der Sprödbrechnei-  
gung von Laborproben und Bau-  
teilen mit probabilistischen Bruch-  
konzepten

Baris A. Yazici  
RWTH Aachen  
Numerical optimisation of a work-  
piece geometry for PM surface  
densification process

René Zeunert  
Fachhochschule Anhalt, Köthen  
Entwicklung von porösen Träger-  
materialien für Zellkulturen

**Vorlesungen**

**WS 2004/2005**

Grundlagen der Bruchmechanik und der Spannungsrisskorrosion  
 Universitaet Trieste, Fakultät  
 Materialingenieurwissenschaft  
 Dr. Lucio Colombi Ciacchi

Superconductivity II  
 Prof. Dr. Christian Elsässer  
 Universität Stuttgart

Versagensverhalten von Konstruk-  
 tionswerkstoffen  
 Prof. Dr. Peter Gumbsch und  
 Prof. Dr. Oliver Kraft  
 Universität Karlsruhe

Werkstoffmodellierung und  
 Simulation I  
 Prof. Dr. Peter Gumbsch  
 Universität Karlsruhe

Surface Modification, Corrosion,  
 Corrosion Protection  
 Dr. Andreas Heilmann  
 Martin-Luther-Universität Halle-  
 Wittenberg

Elastomechanik  
 Priv.-Doz. Dr. Jörg Hohe  
 Universität Siegen

Materialien und Technologien der  
 Mikroelektronik und Mikrosystem-  
 technik  
 Prof. Dr. Dieter Katzer, Dr. Matthias  
 Petzold, Dr. Andreas Heilmann  
 Fachhochschule Merseburg

Bruchmechanismen  
 Prof. Dr. Hermann Riedel  
 Universität Karlsruhe

**SS 2005**

Werkstoffmodellierung und  
 Simulation II  
 Prof. Dr. Peter Gumbsch  
 Universität Karlsruhe

Qualitätsmanagement und stukturierte  
 Projektarbeit  
 Prof. Dr. Peter Gumbsch und  
 Mitarbeiter, Universität Karlsruhe

Werkstoffmechanik: aktuelle  
 Anwendungen  
 Prof. Dr. Peter Gumbsch und  
 Mitarbeiter, Universität Karlsruhe

Surface Modification, Corrosion,  
 Corrosion Protection  
 Dr. Andreas Heilmann  
 Martin-Luther-Universität Halle-  
 Wittenberg

Mechanik der Verbundwerkstoffe  
 Priv.-Doz. Dr. Jörg Hohe  
 Universität Siegen

Clusters on the computer  
 Priv.-Doz. Dr. Michael Moseler  
 Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Bruchmechanik  
 Prof. Dr. Hermann Riedel  
 Fraunhofer IWM, Freiburg

**WS 2005/2006**

Electronic Structure of Condensed  
 Matter I  
 Prof. Dr. Christian Elsässer  
 Universität Stuttgart

Versagensverhalten von Konstruk-  
 tionswerkstoffen  
 Prof. Dr. Peter Gumbsch und  
 Prof. Dr. Oliver Kraft  
 Universität Karlsruhe

Werkstoffmodellierung und  
 Simulation I  
 Prof. Dr. Peter Gumbsch  
 Universität Karlsruhe

Einführung in das wissenschaftliche  
 Programmieren  
 Dr. Daniel Weygand  
 Universität Karlsruhe

Werkstoffmechanik: aktuelle  
 Anwendungen  
 Prof. Dr. Peter Gumbsch und  
 Mitarbeiter, Universität Karlsruhe

Surface Modification, Corrosion,  
 Corrosion Protection  
 Dr. Andreas Heilmann  
 Martin-Luther-Universität Halle-  
 Wittenberg

Plastizität  
 Priv.-Doz. Dr. Jörg Hohe  
 Universität Siegen

Materialien und Technologien der  
 Mikroelektronik und Mikrosystem-  
 technik  
 Prof. Dr. Dieter Katzer, Dr. Matthias  
 Petzold, Dr. Andreas Heilmann  
 Fachhochschule Merseburg

Introduction to multiscale model-  
 ing of materials  
 Priv.-Doz. Dr. Michael Moseler  
 Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Bruchmechanismen  
 Prof. Dr. Hermann Riedel  
 Universität Karlsruhe

**Vom Fraunhofer IWM organisierte Veranstaltungen**

Workshop  
 Grenzflächenphänomene  
 7. Dezember 2004, Halle

Dienet Thematic Network, 9.  
 Workshop  
 09.-11. Februar 2005, Freiburg

Workshop zum Hochtemperatur-  
 verhalten von Metallen  
 15. Februar 2005, Freiburg

Vom Werkstoffverständnis zum  
 Wettbewerbsvorteil, Werkstoff-  
 basierte Prozess- und Bauteilsimu-  
 lation  
 Festkolloquium zum 60. Geburts-  
 tag von Professor Dr. Hermann  
 Riedel  
 17. Februar 2005, Freiburg

Spatenstich für den Institutsneubau  
 des Fraunhofer IWM in Halle  
 04. Mai 2005, Halle

Workshop zum Hochtemperatur-  
 verhalten von Metallen  
 14. Juni 2005, Freiburg

Einweihung des Fraunhofer-Pilot-  
 anlagenzentrums für Polymer-  
 synthese- und Verarbeitung  
 (Fraunhofer IWM und Fraunhofer  
 IAP)  
 22. Juni 2005, Schkopau

KMM Noe: 2<sup>nd</sup> Workshop WPR3  
 and Virtual Institute  
 20.-21. Juni 2005, Freiburg

AUDI TechDay,  
 Crash-Forschung: Neue Ansätze &  
 Perspektiven (Fraunhofer IWM und  
 Fraunhofer EMI)  
 01. Juli 2005, Audi AG, Ingolstadt

Workshop Nanosecurity  
 (Fraunhofer IWM, Max-Planck-  
 Institut für Mikrostrukturphysik,  
 Martin-Luther-Universität)  
 24.-25. Oktober 2005, Halle

crashMAT bei Porsche,  
 Werkstoff- und Strukturverhalten  
 bei Crashvorgängen (Fraunhofer  
 IWM und Fraunhofer EMI)  
 02. Dezember 2005, Porsche AG,  
 Weissach

Workshop Size-dependent  
 Mechanical Properties  
 28. Februar - 04. März 2005,  
 Lorentz Center Leiden, Niederlande  
 (Fraunhofer IWM Mitveranstalter)

International Centre of Mechanical  
 Sciences CISM  
 Symposium: Multiscale Modelling  
 of Plasticity and Fracture by means  
 of Dislocation Mechanics  
 04.-08. July 2005, Udine, Italien  
 (Fraunhofer IWM Mitveranstalter)

**Veranstaltungen des Fraunhofer-  
 Demonstrationszentrums Hoch-  
 leistungskeramik AdvanCer  
 (Beteiligung Fraunhofer IWM)**

1x1 der Keramik  
 21.-22. Februar 2005, Passau

AdvanCer Schulung Block I:  
 Keramikherstellung  
 15.-16. März 2005, Dresden

1x1 der Keramik  
 30.-31. Mai 2005, Köln

AdvanCer Schulung Block II:  
 Bearbeitung  
 21.-22. Juni 2005, Aachen

AdvanCer Schulung Block III:  
 Systemintegration, Qualitäts-  
 sicherung, Werkstoffprüfung  
 27.-28. September 2005, Freiburg

**Messebeteiligungen**

Demonstrationszentrum  
 Hochleistungskeramik AdvanCer:  
 - Hannover Messe  
 25.-27. April 2005, Hannover  
 - Productronica  
 15.-18. Juli 2005, München  
 - Ausstellung Werkstoffwelten  
 im Rahmen der 2. WING-  
 Konferenz (Werkstoffinnovatio-  
 nen für Industrie und Gesell-  
 schaft) 10.-11. November 2005,  
 Aachen  
 - Euromold  
 30. November - 03. Dezember  
 2005, Frankfurt

Schweißen und Schneiden  
 13.-16. September 2005, Essen

Adaptronic Congress  
 31. Mai - 01. Juni 2005, Göttingen



## Seminare Freiburg

- 28.01.2005  
Franz Roters  
MPI für Eisenforschung, Abt. Mikrostrukturphysik und Umformtechnik, Düsseldorf  
Ein nicht lokales Versetzungsdichte basiertes konstitutives Gesetz für Kristall-Plastizitäts-Finite-Elemente-Simulationen
- 18.02.2005  
Tom Walde  
Fraunhofer IWM, Freiburg  
Modellierung der Textur- und Anisotropieentwicklung
- 25.02.2005  
Renate Welcker  
Fraunhofer IWM, Freiburg  
Modifikation der optischen Eigenschaften und der Grenzflächenchemie von DLC-Schichten
- 04.03.2005  
Bernd Schultrich  
Fraunhofer IWS, Dresden  
Abscheidung von tetrahedral gebundenen amorphen Kohlenstoffschichten (ta-C)
- 15.03.2005  
Jörg Rollbühler  
University of Oregon, Eugene, OR, USA  
Effektive Theorien für kollektives Verhalten von Elektronen in Metallen
- 15.03.2005  
Ronald Mayville  
R.A. Mayville & Associates, Inc., Newton, MA, USA  
Some Recent Activities in Train Crashworthiness Research in the U.S.
- 18.03.2005  
Martin Schinker  
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Institut für Waldwachstum  
Zur Analyse von Jahrringen in Baumquerschnitten
- 08.04.2005  
Jörg Hohe  
Fraunhofer IWM, Freiburg  
Verifizierung des Warm-Prestress-Effekts an einem Bauteilversuch unter Thermoschockbelastung
- 15.04.2005  
Johannes Boneberg  
Fachbereich Physik, Universität Konstanz  
Experimente mit Nanokugeln: Fliegende Tropfen, Nahfelder und magnetische Datenspeicher
- 22.04.2005  
Stefan Dieckhoff  
Fraunhofer IFAM, Bremen  
Klebtechnik und Oberflächen
- 29.04.2005  
Simone Schwarz  
Fraunhofer IWM, Freiburg  
Schadensanalysen für industrielle Auftraggeber
- 13.05.2005  
Holger Böse  
Fraunhofer ISC, Würzburg  
Eigenschaften und Anwendungen von Smart Fluids
- 10.06.2005  
Mario Hug  
Fraunhofer IWM, Freiburg  
Heißprägen von optischen Komponenten aus anorganischen Spezialgläsern bei kurzen Prozesszeiten
- 17.06.2005  
Bernhard Blug  
Fraunhofer IWM, Freiburg  
Diamantbeschichtete Gleitringdichtungen
- 24.06.2005  
Wing Y. Yeung  
University of Technology, Sydney, Australien  
A study on microstructure and properties of sputtered ternary titanium nitride coating
- 01.07.2005  
Ayech Benjeddou  
Institut Supérieur de Mécanique de Paris, Supméca, Paris, Frankreich  
Use of shear-mode piezoceramics in smart structure applications: achievements & perspectives
- 08.07.2005  
Andrea Ockewitz, Florence Andrieux, Bernhard Ulrich, Dong-Zhi Sun  
Fraunhofer IWM, Freiburg  
Prüfung und Modellierung des Versagensverhaltens von Windschutzscheiben aus Verbund sicherheitsglas
- 15.07.2005  
Lucio Colombi Ciacchi  
University of Cambridge, Cavendish Laboratory, Cambridge, UK, z. Z. Fraunhofer IWM, Freiburg  
The growth of native oxide layers on metal and semiconductor surfaces studied via first principles molecular dynamics
- 29.07.2005  
Hanxing Zhu  
School of Engineering, Cardiff University, Cardiff, UK  
High strain compression of regular and irregular foams

27.10.2005 Vitaliy Pavlyk Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik der RWTH Aachen Schweißprozesssimulation von Stählen und Aluminiumlegierungen	<b>Seminare Halle</b>  10.03.2005 Oliver Kraft Institut für Materialforschung II, Forschungszentrum Karlsruhe und Institut für Zuverlässigkeit von Bau- teilen und Systemen, Universität Karlsruhe Zuverlässigkeit in der Mikrosystem- technik: Experiment und Model- lierung  14.03.2005 Koichi Ohtaka Firma Ricoh, Japan Research & Development Topics for Micro Optics in Ricoh  15.03.2005 Jörg Bagdahn Fraunhofer IWM, Halle Mechanical Behaviour of Thin Films and Small Structures  27.04.2005 Daniel Kray Fraunhofer ISE, Freiburg Ultradünne und flexible Silicium- Wafer-Solarzellen  10.05.2005 Matthias Ebert Fraunhofer IWM, Halle Simulation in der Mikrosystem- technik – aktuelle Trends  29.06.2005 Steffen Wiese Universität Dresden, Institut für Aufbau- und Verbindungstechnik Mechanisches Verhalten von Mikrolotkontakten  29.06.2005 Björn Böhme Universität Dresden, Institut für Aufbau- und Verbindungstechnik Zuverlässigkeit von metallisierten Polymer-Mikroverbindungen  29.06.2005 Maik Müller Universität Dresden, Institut für Aufbau- und Verbindungstechnik Gefügeausbildung in eutektischen und nah-eutektischem SnAgCu-Lot	04.07.2005 Wolfgang Windl Ohio State University Department of Material Science Atomic-scale characterization and process simulations for S-based microelectronic devices  07.07.2005 Thomas Gemming Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung Dresden Structural Aspects of Metallizations for Microelectronics  02.11.2005 Johann Hinken Fachhochschule Magdeburg- Stendal, Fachbereich Elektronik Prüferfreundliche Mikrowellen-ZfP an Bauteilen aus Polymerwerk- stoffen  14.11.2005 Christian Kübel Fraunhofer IFAM, Bremen Moderne Methoden der Transmis- sionselektronenmikroskopie  21.11.2005 Maria Ostrafin Institute of Metallurgy and Mate- rial Science, Polish Academy of Sciences, Krakow The Effect of the Rolling Geometry on Texture and Microstructure in AZ31 and Copper  13.12.2005 René de Kloe TSL Europe, Netherlands Microstructural Characterisation of Polyphase Materials using Combined EDS and EBSD Analysis  15.12.2005 Peter Moeck Portland State University, Portland, Oregon, USA Image-based nanocrystallography in two and three dimensions with database support
28.10.2005 Claus-Peter Fritzen Universität Siegen, Institut für Mechanik und Regelungstechnik Mechanismusorientierte Simulation der Ermüdungsrisssausbreitung unter Berücksichtigung der Mikro- struktur		
02.11.2005 Wolfram Wörner New Zealand Heavy Engineering Research Association, NZ Welding Centre, Auckland, Neuseeland Geschweißte Verbindungen für erdbebensicheren Stahlbau		
18.11.2005 Sven Meier Fraunhofer IWM, Freiburg Skalierfähiges und reinigungsfreies Plasmaverfahren		
25.11.2005 Michael Moseler Fraunhofer IWM, Freiburg Multiskalenmodellierung der Schichtentwicklung		
16.12.2005 Buddhaev Jana Dep. of Mechanical Engineering, University of Strathclyde, Glasgow, UK Mapping erosion-corrosion of pure metals and particulate MMCs		

# Projektübersicht

## Geschäftsfeld Hochleistungswerkstoffe und Tribosysteme

### Verschleißschutz, Tribologie, Technische Keramik

Zuverlässigkeit von Infiltrationskeramiken als Brückenmaterial (BMBF, Industrie)

Keramikwerkzeuge für die Glasfertigung (BMW, Industrie)

Demonstrationszentrum »AdvanCer« Systementwicklung mit Hochleistungskeramik (Fraunhofer-Gesellschaft)

DiaCer: Diamantbeschichtete Keramiken - Werkstoffentwicklung und Anwendungsqualifizierung für Wendeschneidplatten, Ziehsteine und Gleitringdichtungen (BMBF, Industrie)

Grafit-SiC-Werkstoffverbunde für tribologische Anwendungen in Dichtungen und Lagern (Industrie)

Keramikverschraubungen (Fraunhofer-Gesellschaft)

### Verbundwerkstoffe

Ermittlung mechanischer Kennwerte von Verbundwerkstoffen (Industrie)

Entwicklung von Prüfkonzepten für kurzfaserverstärkte CMC für Bremscheibenanwendungen (Industrie)

Bewertungskonzept für C/SiC-Bauteile (Industrie)

Zuverlässigkeit von CFC-Werkstückträgern in der Wärmebehandlung (Fraunhofer-Gesellschaft)

Experimentelle Schädigungsanalysen und Entwicklung numerischer Modelle zur Lebensdauervorhersage von Piezoaktuatoren in Werkzeugmaschinen (DFG)

Entwicklung einer peristaltischen Mikropumpe auf Basis intelligenter Faserverbundwerkstoffe (BMBF, Industrie)

Mechanische Bewertung von interpenetrierten Metall-Keramik-Verbundwerkstoffen (Land Baden-Württemberg, Fraunhofer-Gesellschaft)

### Biomedizinische Materialien und Implantate

Bewertung der mechanischen Sicherheit von Metall- und keramischen Hüftgelenkskomponenten im Langzeiteinsatz (Industrie)

Vergleich des Ermüdungsverhaltens von Knochenzementen in unterschiedlichen Belastungsanordnungen (Industrie)

Polymerisations schrumpfung und Ermüdungsverhalten von Dentalfüllungskompositen und Dentalkeramiken (Industrie)

Untersuchung der Wechselwirkungen von Zahnpflegeprodukten mit humanen Schmelz- und Dentinoberflächen (Industrie)

### Randschichttechnologien

In situ strukturierte DLC-Schichten (BMBF, Industrie)

Funktionsoptimierte DLC-Schichten (Land Baden-Württemberg)

Beschichtung von diversen Bauteilen (Industrie)

Entwicklung eines geeigneten Materialsystems für Lagerungen einer Hermetik-Kompaktpumpe (BMW, Industrie)

Oberflächenbehandlung von Keramik durch Kugelstrahlen (Industrie)

Mikrodiffraktometrische Untersuchungen (Industrie)

Eigenstressungen in Ariane-Komponenten (Industrie)

Schadensgutachten (Industrie)

## Mikrostruktur- und Schadensanalyse

Herstellung von Mehrlagen- und Gradientenschichten mit variablen Systemeigenschaften am Beispiel von Hartchromschichten (Fraunhofer-Gesellschaft)

Prozessoptimierung von EB-Schweißverbindungen in Brennkammern (Industrie)

Werkstoffbewertung und Optimierung von Eckverbindern (Industrie)

Schweißnahtcharakterisierungen und bruchmechanische Bewertungen für die Luftfahrt (Industrie)

Schadensbewertung und Risikoabschätzungen von Schraubverbindungen (Industrie)

Schadensanalysen und Prozessoptimierungen (Industrie)

Bewertungen von Hochleistungskondensatoren (Industrie)

Wärmebehandlungsoptimierungen und Verzugbewertung von verschiedenen Werkstoffen (Industrie)

## Geschäftsfeld Sicherheit und Einsatzbewertung von Bauteilen

### Fahrzeugsicherheit, Leichtbau

Charakterisierung und Bewertung des Werkstoff- und Bauteilverhaltens von Automobilkomponenten aus Kunststoffen, Verbundwerkstoffen, Leichtmetalllegierungen und hochfesten Stählen unter Crashbelastung (Industrie)

Nachweis der Crashesicherheit von Schienenfahrzeugkomponenten (Industrie)

Bewertung der Crashesicherheit von Transportbehältern und Fahrzeugkomponenten aus Gusswerkstoffen unter Berücksichtigung des Einflusses der Mehrachsigkeit auf das Verformungs- und Versagensverhalten (Industrie)

Charakterisierung von geschweißten und geklebten Fügeverbindungen unter Crashbelastung (Industrie)

Erstellung einer Richtlinie zur Bestimmung dynamischer Werkstoffkennwerte für die Crashsimulation (AiF, Industrie)

Bewertung des Ermüdungs- und Rissausbreitungsverhaltens von Aluminium-Wagenkastenstrukturen für den Schienenfahrzeugbau (Industrie)

Bewertung des Festigkeits- und Rissausbreitungsverhaltens von Radatzwellen (BMBF, EU, Industrie)

Erstellung einer Richtlinie zum bruchmechanischen Festigkeitsnachweis von Maschinenbauteilen (AiF, Industrie)

### Anlagensicherheit, Bruchmechanik

Weiterentwicklung von Bewertungskonzepten für Risspostulate in plattierten Kraftwerkkomponenten (Gesellschaft für Reaktorsicherheit, BMW)

Bruchmechanische Sicherheitsbewertungen und Traglastberechnungen von Reaktordruckbehältern (Industrie)

Bewertung und Validierung von bruchmechanischen Bewertungskonzepten an bauteilrelevanten Experimenten (Industrie)

Ermittlung von bruchmechanischen Kennwerten für RDB-Werkstoffe (Industrie)

Einsatz von schädigungsmechanischen Methoden zum Nachweis der Fehlertoleranz von Raumfahrtkomponenten (Industrie)

Bewertung von Bauteilen des Maschinen- und Anlagenbaus mit numerischen und bruchmechanischen Methoden (Industrie)

Entwicklung von probabilistischen Berechnungsmethoden zum Strukturverhalten heterogener Schaumwerkstoffe (DFG)

### Schweißverbindungen

Lebensdauerbewertung von Schweißverbindungen von neuen niedrig legierten Stählen für Hochtemperaturanwendungen (EU)

Numerische Simulation von Gefügeentwicklung, Verzug und Eigenspannungen zur Verbesserung des Einsatzverhaltens geschweißter Fahrzeugkomponenten aus Aluminium (Industrie, AiF)

Entwicklung eines Werkzeugs zur vollständigen numerischen Simulation des Schmelzschweißens (BMBF, Industrie)

Simulation thermomechanischer Vorgänge beim Laserstrahlschweißen unter Berücksichtigung transienter Einflüsse im Nahtbereich zur Ermittlung lokaler Eigenspannungen (Industrie)

Ermittlung thermomechanischer Eigenschaften und bruchmechanischer Kennwerte von Schweißverbindungen (Industrie)

### Crashsimulation, Schädigungsmechanik

Berechnung der Tragfähigkeit von punktgeschweißten Verbindungen für die Crashsimulation (AVIF)

Entwicklung und Anwendung von Ersatzmodellen zur Modellierung von Klebverbindungen unter Crashbelastung (FOSTA)

Charakterisierung und Modellierung des Versagens von Aluminiumgusskomponenten (Industrie)

Überprüfung und Anwendung von verschiedenen Versagensmodellen für die Crashsimulation von hochfesten Stählen (Industrie)

Charakterisierung und Modellierung des Versagensverhaltens eines Verbundsicherheitsglases für die Crashsimulation (Industrie)

Untersuchung des Einflusses mikroskopischer Deformationsmechanismen auf das makroskopische Verhalten gummi-modifizierter Thermoplaste (DFG)

### Geschäftsfeld Komponenten der Mikrosystemtechnik und Nanotechnologien

#### Diagnose und Bewertung von Mikrosystemen

Charakterisierung der Wechselwirkungen zwischen Prozessbedingungen und Strukturverhalten in mikroelektronischen Bauelementen (Industrie)

Entwicklung innovativer Fehlerlokalisierungs-, Präparations- und Fehleranalyseverfahren für die Halbleitertechnologie (Industrie)

Material- und Technologiebewertung für die Aufbau- und Verbindungstechnik (Industrie)

Sicherung der Zuverlässigkeit von nanostrukturierten Komponenten (Fraunhofer-Gesellschaft)

Bewertung der mechanischen und strukturellen Eigenschaften von Mikrofräswerkzeugen (BMBF)

Bewertung nanotechnologischer Verfahrensschritte für Pigmente und Lacksysteme (Industrie)

Mikromechanische und mikrostrukturelle Charakterisierung von einkristallinen Fasern bei Belastungen

#### Mikromechanische Komponenten

Festigkeit und Zuverlässigkeit wafergebondeter Bauteile (BMBF, Industrie)

Mechanische Eigenschaften dünner Halbleiterbauelemente (BMBF, Industrie)

Charakterisierung der Wechselwirkung von Prozessbedingungen und Strukturverhalten in mikromechanischen Siliciumbauteilen (Industrie)

Lebensdauer von zyklisch belasteten mikromechanischen Bauteilen (Industrie)

Mechanische Prüfung mikro- und nanoskopischer Komponenten (Industrie)

Messung und Parameteridentifikation an Mikrosystemen auf Wafer Ebene (BMBF, Industrie)

#### Biologische Materialien und Grenzflächen

Wechselwirkungen von Zahnpflegeprodukten mit humanen Schmelz- und Dentinoberflächen (Industrie)

Bewertung von Implantatbruchflächen (Industrie)

Herstellung und Bewertung der mechanischen Eigenschaften von Spinnenseideproteinschichten (Land Sachsen-Anhalt)

Technische Nutzung von Forisomen (Fraunhofer-Gesellschaft)

Protein and biocolloid separation by surface-modified thin ceramic nanoporous membranes with tunable pore size (Volkswagenstiftung)

Erzeugung und anisotrope optische Eigenschaften periodischer metallischer Nanostrukturen in Polymerdünnschichten (DFG)

Entwicklung und Einsatz eines neuen Schweißverfahrens für Membrankonstruktionen auf Basis von ETFE-Folien (Landesbank Sachsen-Anhalt, Industrie)

**Geschäftsfeld Werkstoffbasierte Prozess- und Bauteilsimulation**

**Pulvertechnologie**

Anisotropieentwicklung beim Foliengießen, Trocknen und Sintern keramischer LTCC-Substrate (DFG)

Mehrlagige keramische Schaltungsträger mit spannungsminimiertem Layout (BMBF, Industrie)

Entbindern keramischer Grünkörper (BMBF, Industrie)

Integrierte Simulation der Vorgänge im Schnellbrandofen (Industrie)

Desoxidation von Presslingen aus einem hochschmelzenden Metall (Industrie)

Untersuchungen zur Herstellung von Zündkerzen (Industrie)

Entwicklung von Schalenmodellen zur Charakterisierung von Komponenten des Kfz-Abgasstrangs (Industrie)

Rollieren von Sinterstahl-Bauteilen (Industrie)

**Formgebungs- und Umformprozesse**

Verbesserte Modelle für die Simulation von Umformprozessen (DFG)

Simulation des Rückfederns nach dem Tiefziehen (AIF, Industrie)

Voraussage von Kantenrissen beim Walzen (Industrie)

Ziehen von Wolframdrähten (Industrie)

Größenabhängiges Werkstoffverhalten (EU)

Gefügeentwicklung beim Presshärten (Eigenforschung)

Texturentwicklung beim Umformen und bei der Rekristallisation, speziell von Magnesium (DFG)

Haften von Polymeren an Werkzeugoberflächen (BMBF, Industrie)

**Hochtemperaturverhalten Metalle**

Thermozyklische Ermüdung von Abgaskomponenten (Industrie)

Thermozyklische Ermüdung von Kfz-Kolben (Industrie)

Entwicklung eines Testverfahrens für thermozyklische Ermüdung dünner Metallfolien (Industrie)

Relaxation pulvermetallurgischer Ventilsitzringe (Industrie)

Qualifizierung der Gebrauchseigenschaften neuer Kraftwerksstähle (BMW, Industrie)

Lebensdauermodelle für Eisen-gusswerkstoffe unter thermozyklischer Belastung mit überlagerter hochzyklischer Belastung (Industrie)

Beschreibung des Materialverhaltens in Rohrschweißverbindungen während des Schweißens und des Hochtemperatureinsatzes (BMBF, Industrie)

Extraktion von Werkstoffgesetzen aus dem Eindruckversuch (Gesellschaft für Reaktorsicherheit)

**Physikalische Werkstoffmodellierung**

Entwicklung einer durchgängigen Multiskalen Material Modellierung (Fraunhofer-Gesellschaft)

Atomistische Dynamik der Rissausbreitung in komplexen Legierungsphasen (DFG)

Ab-initio-Berechnung von Energiebarrieren und Elektronenstrukturen an Grenzflächen in elektrokeramischen Dünnschichtsystemen (DFG)

Mikroskopisch scharfe Cu/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Grenzflächen – ab-initio-Analyse mit der Dichtefunktionaltheorie (MPI für Metallforschung, Stuttgart)

Atomistische Strukturen und mechanische Eigenschaften von Kupfer/Tantal-Grenzflächen (DFG)

Werkstoff- und Prozessmodellierung zu funktionsoptimierten Schichten für tribologische, optische und medizinische Anwendungen (Land Baden-Württemberg)

Entwicklung und Validierung eines leistungsfähigen Dissipative-Partikeldynamik-Codes für komplexe Flüssigkeiten und Suspensionen mit freien Oberflächen (Landesstiftung Baden-Württemberg)

Multimethodmodellierung of gold and carbon nanostructures (Finnische Akademie der Wissenschaften)

Carbon Nanotube Aktuatoren (Fraunhofer-Gesellschaft)

**Kompetenzzentrum SimBAU**

Gradientenschichten aus Ni/P (AIF)

Lebensdauer von Piezoaktoren (DFG)

Auslegung von Verbund-Isolierglas (BMBF, Industrie)

Piezo-Peristaltikpumpe (BMBF, Industrie)

Simulationstool für Hartstoffschichten (Industrie)

Simulation elektrischer Steckverbindungen (Industrie)

Mikrostruktur-Modelle für Block-Copolymere (Industrie)

Rissbildung in Klarlack (Industrie)

**Geschäftsfeld Komponenten mit funktionalen Oberflächen**

**Trenntechniken, Schädigungsarme Bearbeitung**

Werkstoffcharakterisierung und Schadensanalysen für Fertigungsoptimierung und Qualitätssicherung (Industrie)

Spanabtrag von Einkristallen (Industrie)

Untersuchungen zum hochpräzisen Drehen von Formwerkzeugen (Industrie)

Kantenherstellung hochwertiger Flächen für Medizintechnik (Industrie)

Verbesserungen zum Flachglas-trennen mit Laser (Eigenforschung, Industrie)

Modellierung und Optimierung riß- und entspannungsrelevanter Prozessschritten in der Silicium-Solarzellentechnologie (BMBF, Industrie)

Laserinduziertes Spannungstrennverfahren für Flachglas (Industrie)

Untersuchungen und numerische Simulation zur Randverbundherstellung für Vakuumisolierglas (BMW, Industrie)

Untersuchungen und Simulation zum Verhalten großflächiger und dünner Wafer im Solarzellenprozess

**Heißformgebung Glas**

Untersuchungen zum Klebe- und Abriebverhalten von Formenwerkstoffen für die Glasheißverarbeitung (AIF, Industrie)

Blankpressen von inovativen Optikelementen aus anorganischen Gläsern bei kurzen Prozesszeiten (BMBF)

Grundlegende Untersuchungen zur Herstellung hochpräziser Komponenten durch schnelles Heißprägen anorganischer Gläser für Anwendungen in optischen Übertragungstechniken und Systemen der aktiven Optik (Landesstiftung Baden-Württemberg)

Verfahrensentwicklung für die Heißformgebung von innovativen Komponenten aus Spezialgläsern (BMW-InnoNet, Industrie)

Untersuchungen zum Abrieb-, Verschleiß- und Klebverfahren von ausgewählten Formenwerkstoffen bei der Heißformgebung von Gläsern (Industrie)

Studie zum Präzisionsprägen von niedrig schmelzenden Gläsern (Industrie)

#### **Beschichtungen, Oberflächenstrukturierung**

Optimierung von Schichten für Anwendungen in Feinmechanik und Optik (Industrie)

Entwicklung spezieller Schutzschichten auf Werkzeugen für Hochtemperaturanwendungen (BMBF, Industrie)

Verschleißbeständige Gradientenschichten für Cermet-Werkzeuge (Industrie)

Verschleiß- und reinigungsbeständige Schichten für Laserlenkspiegel (Industrie)

Numerische Untersuchungen zur Schichtbeanspruchung bei unterschiedlichen Bauteilgeometrien (Industrie)

Dünnschicht-Thermoelemente für die Messung hoher Temperaturen (Industrie)

Antiadhäsive Beschichtungen für die Kunststoffformgebung (BMBF, Industrie)

Dekorative Schichten für Kunststoffe (Industrie)

#### **Geschäftsfeld Polymeranwendungen**

##### **Verarbeitungstechnologien von Polymerwerkstoffen**

Erarbeitung optimaler Extruderkonfigurationen für die Compounding und Entwicklung einer Wissens- und Datenbasis für die Realisierung maßgeschneiderter IMC-Bauteile mit dem Schwerpunkt der Verwendung von Naturfasern nach Kundenanforderung (Industrie)

Neue Commodity-Materialien auf Polymerbasis (Fraunhofer-Gesellschaft)

Material- und Verfahrensentwicklung für die Extrusion von Leichtbau-Profilen aus naturfaserverstärkten Kunststoffen (Industrie)

Untersuchungen zur Charakterisierung und Bewertung naturfaserverstärkter Kunststoffe (BMBF)

Untersuchungen zur Entwicklung innovativer Produkte aus naturfaserverstärkten Kunststoffen und Nanopolymeren für Automobilanwendungen (LFI, EFRE)

Entwicklung effizienter Faseraufbereitungs- und Fertigungstechnologien für hochwertige Naturfaserverbundbauteile (BMBF, Nina e.V.)

Entwicklung extrudierbarer Composite auf der Basis von Hanfmehl, Technologieentwicklung für Spritzguss mit Hanffasercompounds (BMBF)

##### **Einsatzverhalten von Polymerwerkstoffen und Bauteilen**

Verbesserte Bewertung des Einsatzverhaltens von Kunststoff-Bauteilen mit einer erweiterten bruchmechanischen Methodik (AiF)

Integration tragender thermoplastischer Faserverbund-Bauteile in angrenzende Strukturkomponenten (Fraunhofer-Gesellschaft)

Untersuchungen zur Lebensdauer von Kunststoffteilen (Industrie)

Werkstoffmechanische Charakterisierung von CFK-Multiaxialgewirken und verstärkten CFK-Flächengestricken (BMBF)

Untersuchungen zur Ermüdungsfestigkeit laminiertes CFK-Balken (Industrie)

# Mitarbeit in Gremien, Ausschüssen, Beratertätigkeiten

## **Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und Werkstofftechnik AWT**

FA Härteprüfung: S. Schwarz, T. Seifert;  
FA Eigenspannungen: E. Reisacher, S. Meier

## **Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik GFal**

FA Angewandte Informatik zur Füge-technik: D. Katzer, M. Busch;  
F-Beirat: A. Krombholz

## **Deutsche Gesellschaft für Chemisches Apparatewesen, Chemische Techniken und Biotechnologie DECHEMA**

FA Bauteilverhalten unter mechanischer Beanspruchung: M. Busch, K. Gehrman, P. Lühe;  
Molecular Modelling in der Prozesstechnik: C. Elsässer

## **Deutsche Gesellschaft für Elektronenmikroskopie DGE**

AK Elektronenoptische Direktabbildung und Analyse von Oberflächen (EDO): M. Fütting

## **Deutsche Gesellschaft für Materialkunde DGM**

FA Werkstoffkundliche Probleme der Mikroelektronik: D. Katzer;  
FA Magnesium: M. Luke;  
FA Werkstoffkundliche Aspekte des Verschleißes und der Zerspannung: T. Hollstein, A. Kailer;  
FA Härteprüfung: T. Seifert, S. Schwarz;  
FA Computersimulation: R. Mohrmann;  
AK Metal Matrix Composite: A. Neubrand

## **Deutsche Glastechnische Gesellschaft DGG**

AA Glas-Forum: G. Kleer;  
FA I, Physik und Chemie des Glases und der Glasrohstoffe: W. Döll;  
FA IV, Glasmaschinentechnik und Formgebung: P. Manns

## **Deutscher Verband für Materialforschung und -prüfung DVM**

AK Bruchvorgänge: W. Böhme;  
AK Mikrosystemtechnik: M. Petzold, D. Katzer;  
AK Verformungs- und Versagensverhalten bei komplexer thermisch-mechanischer Beanspruchung: R. Mohrmann;  
AK Biomaterialien: R. Jaeger;  
AK Zuverlässigkeit mechatronischer und adaptiver Systeme: M. Gall

## **Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren DVS**

AG Drahtbonden: M. Petzold;  
AG Waferbonden: J. Bagdahn;  
FA Konstruktion und Berechnung: D. Siegele, M. Luke, M. Brand;  
FA Mikroverbindungstechnik: M. Petzold;  
FA Metallurgie und Werkstofftechnik: V. Friedmann

## **DIN-Ausschüsse**

DIN-Normenausschuss 291 Prüfung von Hochleistungskeramik: R. Westerheide;  
DIN-Normenausschuss Dental: R. Jaeger, R. Schäfer;  
DIN-Normenausschüsse NMP 144, Prüfverfahren mit schlagartiger Beanspruchung: W. Böhme

## **Zeitschriften, Editorial Boards**

Advanced Engineering Materials: H. Riedel;  
Micromaterials and Nanomaterials: D. Katzer (Advisory Board);  
Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering: P. Gumbsch (Editorial Board);  
Zeitschrift für Metallkunde: P. Gumbsch (Advisory Board)

## **European Structural Integrity Society ESIS**

Technical Committee 4, Polymers and Composites: W. Böhme;  
Technical Committee 5, Dynamic Testing at intermediate Strain Rates: W. Böhme;  
Technical Committee 6, Ceramic Materials: T. Hollstein, R. Westerheide;  
Technical Committee 8, Numerical Methods: M. Luke, W. Schmitt

## **Gemeinschaftsausschüsse**

Korrosion keramischer Werkstoffe (DKG, DGM): T. Hollstein, A. Kailer, R. Westerheide;  
Plasma-Oberflächentechnologie (DVS, VDI, DGM, DGO, AWT, DAV): S. Meier;  
Grünkörpercharakterisierung (DKG, DGM): R. Westerheide;  
Verstärkung keramischer Werkstoffe (DKG, DGM): R. Westerheide, B. Thielicke;  
Pulvermetallurgie (DGM, VDEh, DKG, VDI-W, FPM): T. Kraft, Leiter Expertenkreis Simulation im GA Pulvermetallurgie

## **Forschungskuratorium Maschinenbau e.V. FKM**

AK Bauteilfestigkeit: D. Siegele, M. Luke

## **Gesellschaft für Experimentelle Spannungsanalyse GESA**

AG Experimentelle Verfahren zur Bestimmung von Eigenspannungen: W. Pfeiffer

## **Gesellschaft Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik GMM**

FA Werkstoffe und Fertigungsverfahren in der Mikrosystemtechnik und Nanotechnologie: J. Bagdahn;  
FA Aufbau- und Verbindungstechnik: M. Petzold

## **Gutachtergremien**

DFG-Sonderforschungsbereich 1466 Mikromechanik mehrphasiger Werkstoffe, TU Hamburg-Harburg: H. Riedel;  
DFG-Sonderforschungsbereich 1476 Integrative Werkstoffmodellierung, RWTH Aachen: H. Riedel;  
DFG Schwerpunktprogramm Zelluläre metallische Werkstoffe: H. Riedel

## **Informationstechn. Gesellschaft ITG**

Fachgruppe Fehlerlokalisierung in elektronischen Bauelementen: F. Altmann

**International Institute of Welding**  
IIW Com. X, Structural Integrity and Failure Avoidance: D. Siegele

**International Standard Organization ISO**  
TC 106/SC8/WG4 Mechanical Testing of Dental Implants:  
R. Schäfer

**Verein Deutscher Eisenhüttenleute VDEh e.V., Fachbereich Werkstofftechnik**  
AG Prüftechnik: W. Böhme;  
AK Hochgeschwindigkeitsversuche: W. Böhme;  
AG Warmfeste Stähle:  
R. Mohrmann

**American Society for Testing and Materials**  
Committee E08 on Fracture Testing of Metals: D. Siegele

**Arbeitsgemeinschaft wirtschaftsnaher Forschungseinrichtungen des Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg**  
AK Europäische Union: G. Kleer

**Beratungs- und Informationsservice Nachwachsende Rohstoffe Narossa, Sachsen-Anhalt e.V.**  
A. Heilmann

**European Powder Metallurgy Association EMPA**  
Dienet Thematic Network, Task Group Leader Software Development and Demonstration: T. Kraft

**Europäische Fördergemeinschaft Dünne Schichten EFDS**  
W. Pfeiffer

**European Fitness for Service Network FITNET**  
L. Hodulak

**Fraunhofer-Verbund Werkstoffe, Bauteile, Fraunhofer-Themenverbund Numerische Simulation NuSim, Fraunhofer-Themenverbund Hochleistungskeramik**  
P. Gumbsch

**Network for Evaluating Steel Components NESC**  
TG3 Structural Analysis: D. Siegele

**Verailles Project on Advanced Materials and Standards VAMAS**  
TWA 3, Ceramics for Structural Applications: R. Westerheide

**Adaptronik Kompetenznetzwerk**  
B. Thielicke

**European Pressure Equipment Research Council EPERC**  
Techn. Task Force 7 (Hydrogen Damage): S. Schwarz; S. Weygand

**Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. FAT**  
FA 27 FZ Sim.: UA Crash & Insassensimulation: S. Sommer; D.-Z. Sun

**Leichtbau-Cluster FH Landshut**  
M. Busch

**Deutsche Physikalische Gesellschaft DPG**  
FG dünne Schichten: A. Heilmann  
FG Oberflächen: F. Burmeister

**Naturstoff Innovationsnetzwerk Altmark NinA e.V.**  
Mitarbeit im Vorstand: M. Busch

**Fördergemeinschaft für Polymerentwicklung und Kunststofftechnik in Mitteldeutschland Polykum e.V.**

Mitarbeit im Vorstand: M. Busch

**VGB Power Tech e. V.**  
FA Werkstoffe und Qualitätssicherung: R. Mohrmann



- M 86/2005  
Altman, F.  
**TEM-Zielpräparation unter REM-Beobachtung mittels Zweistrahl-FIB**  
Praktische Metallographie  
4 (2005) 206-212
- M 108/2005  
Bitzek, E.; Gumbsch, P.  
**Dynamic aspects of dislocation motion: atomistic simulations**  
Materials Science & Engineering A  
400 (2005) 40-44
- M 59/2005  
Boehlert, C.J.; Cowen, C.J.; Jaeger, C.R.; Niinomi, M.; Akahori, T.  
**Tensile and fatigue evaluation of Ti-15Al-33Nb (at.%) and Ti-21Al-29Nb (at.%) alloys for biomedical applications**  
Materials Science & Engineering C  
25 (2005) 263-275
- M 57/2005  
Burmeister, F.; Schäffer, E.; Kleer, G.; Döll, W.; Bläsi, B.; Gombert, A.  
**Investigation of structured TiAlN- and TiO<sub>2</sub>-coatings with moth-eye-like surface morphologies**  
Surface & Coatings Technology  
200 (2005) 1088-1092
- M 109/2005  
Delonnoy, L.; Hochrainer, T.; Schulze, V.; Loehe, D.; Gumbsch, P.  
**Similarity considerations on the simulation of turning processes of steels**  
Z. Metallkunde  
96/7 (2005) 761-769
- M 1/2005  
Elsässer, C.; Gumbsch, P.  
**Risse und Grenzflächen im Computer**  
Physik Journal  
4/1 (2005) 23-28
- M 105/2003  
Elsässer, C.; Elsässer, T.  
**Codoping and Grain-Boundary Cosegregation of Substitutional Cations in  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: A Density-Functional-Theory Study**  
Journal of the American Ceramic Society  
88 (2005) 1-14
- M 18/2005  
Fauser, H.; Poizat, C.; Grimm, M.; Knoll, H.; Schmitt, W.; Freudenberger, R.  
**Electrodeposition of gradient layers for improved dynamic load resistance**  
Materials Science Forum  
492-493 (2005) 53-58
- M 39/2005  
Fechner, P.M.; Wartewieg, S.; Kiesow, A.; Heilmann, A.; Kleinbudde, P.; Neuberger, R. H. H.  
**Interaction of water with different cellulose ethers: a Raman spectroscopy and environmental scanning electron microscopy study**  
Journal of Pharmacy and Pharmacology  
57 (2005) 689-698
- M 72/2005  
Habenicht, A.; Olapinski, M.; Burmeister, F.; Leiderer, P.; Boneberg, J.  
**Jumping nanodroplets**  
Science  
309 (2005) 2043-2045
- M 3/2005  
Hartmaier, A.; Gumbsch, P.  
**Thermal activation of crack-tip plasticity: The brittle or ductile response of a stationary crack loaded to failure**  
Physical Review B  
71 (2005) 024108/1-11
- M 4/2004  
Hasibon, A.; Elsässer, C.; Rühle, M.  
**Structure at Abrupt Copper-Alumina Interfaces: an Ab-Initio Study**  
Acta Materialia  
53 (2005) 5323-5332
- M 94/2005  
Hohe, J.; Becker, W.  
**A probabilistic approach to the numerical homogenization of irregular solid foams in the finite strain regime**  
International Journal of Solids and Structures  
42 (2005) 3549-3569
- M 2/2005  
Kassner, M. E.; Nemat-Nasser, S.; Suo, Z.; Bao, G.; Barbour, J. C.; Brinson, L.C.; Espinosa, H.; Gao, H.; Granick, S.; Gumbsch, P.; Kim, K-S.; Knauss, W.; Kubin, L.; Langer, J.; Larson, B. C.; Mahadevan, L.; Majumdar, A.; Torquato, S.; van Swol, F.  
**New directions in mechanics**  
Mechanics of Materials  
37 (2005) 231-259
- M 40/2005  
Kiesow, A.; Strohkark, S.; Löschner, K.; Heilmann, A.; Podlipensky, A.; Abdolvand, A.; Seifert, G.  
**Generation of wavelength-dependent, periodic line pattern in metal nanoparticle-containing polymer films by femtosecond laser irradiation**  
Applied Physics Letters  
86 (2005) 153111

- M 56/2005  
Moseler, M.; Gumbsch, P.; Casiraghi, C.; Ferrari, A. C.; Robertson, J.  
**The Ultrasoothness of Diamond-like Carbon Surfaces**  
Science  
309 (2005) 1545-1548
- M 21/2005  
Moseler, M.; Riedel, H.; Gumbsch, P.; Stäring, J.; Mehlig, B.  
**Understanding of the Phase Transformation from Fullerite to Amorphous Carbon at the Microscopic Level**  
Physical Review Letters  
94 (2005) 165503/1-4
- M 58/2005  
Olivier, W.; Jaeger, R.; Möser, M.; Müller, K.; Bereznowski, Z.  
**Damage analysis of a screw-type implant following fracture and retrieval – Caste report**  
Dent. Med. Probl.  
9 (2004) 299-304
- M 101/2005  
Pijnenburg, K.G.W.; Seelig, Th.; van der Giessen, E.  
**Successively refined models for crack tip plasticity in polymer blends**  
European Journal of Mechanics A/Solids  
24 (2005) 740-756
- M 99/2005  
Poizat, C.; Campagne, L.; Daridon, L.; Ahzi, S.; Husson, C.; Merle, L.  
**Modelling and Simulation of thin sheet blanking using damage and rupture criteria**  
International Journal of Forming Processes  
Vol. 8/1 (2005) 29-47
- M 100/2005  
Poizat, C.; Thielicke, B.; Benevolenski, O.  
**From bending actuators to a peristaltic micropump : modeling and design analysis**  
International Journal of Computer Mathematics and its Applications  
5 (2004), 39-54
- M 99/2004  
Poizat, C.; Schmitt, W.; Krasowski, A.; Andrieux, F.; Möll, R.  
**Evaluation and improvement of the bending process of connector elements by finite element simulations**  
Journal of Material Science and Technology  
20/1 (2004) 49-51
- M 111/2005  
Roesch, F.; Rudhard, C.; Roth, J.; Trebin, H. R.; Gumbsch, P.  
**Dynamic fracture of icosahedral model quasicrystals**  
Phys. Review B  
72 (2005) 014128
- M 112/2005  
Rudhard, C.; Gumbsch, P.; Trebin, H. R.  
**Temperature dependence of crack propagation in a two-dimensional model quasicrystal**  
Philosophical Magazine A  
85 (2005) 3259-3272
- M 124/2004  
Umeno, Y.; Kushima, A.; Kitamura, T.; Gumbsch, P.; Li, J.  
**Ab initio study of the surface properties and ideal strength of (100) silicon thin films**  
Physical Review B  
72 (2005) 165431/1-7
- M 108/2004  
van Benthem, K.; Elsässer, C.; Rühle, M.  
**Bonding of thin Pd films on (100)SrTiO<sub>3</sub> substrates: Ab initio density functional theory investigations**  
Physical Review B  
72 (2005) 125435-1
- M 113/2005  
Weygand, D.; Gumbsch, P.  
**Study of dislocation reactions and rearrangements under different loading conditions**  
Materials Science & Engineering A  
400 (2005) 158-161

# Sonstige Veröffentlichungen

## Zeitschriften

M 113/2004  
Borek, S.; Schauer, K.; Füting, M.; Heilmann, A.  
**Endbearbeitung von Mikrofräsern mittels Ionenstrahltechniken**  
wt Werkstattstechnik online  
94, 11/12 (2004) 600-604

M 117/2004  
Borth, O.; Drexler, D.; Dehn, F.  
**Beläge aus Wood-Polymer-Compounds - Alternative Konzepte für Fußgänger- und Radwegbrücken**  
Holz- und Kunststoffverarbeitung  
11 (2004) 56-58

M 116/2004  
Borth, O.; Eckardt, J.; Lühe, P.  
**Berechnung von Bauteilen aus Langfaser-Thermoplasten**  
Konstruktion  
10 (2004) IW15-IW17

M 53/2004  
Böhme, D.; David, S.; Müller, W.; Hug, M.; Manns, P.  
**Replikation komplexer Optiken in Kunststoff und Glas**  
Laser+Photonik  
(2004) 30-33

M 30/2004  
Jaeger, R.; Deissenbeck, M.; Jaeger, D.; Soltész, U.  
**Abrieb von Dentalersatzstoffen durch Prophylaxepasten**  
Quintessenz  
56, 1 (2005) 61-65

M 16/2005  
Kraft, T.; Riedel, H.; Schwanke, D.; Müller, E.  
**Simulation von Rissbildung und Verzug in der Mikroelektronik**  
PLUS  
7 (2005) 883-886

M 110/2005  
Krasowsky A., Walde T.  
**Simulation von Blech-Umformprozessen**  
Konstruktion,  
5 (2005), IW2

M 38/2005  
Moseler, M.  
**Design von Tribokontakten via Multiskalensimulation**  
Konstruktion  
5 (2005) 70-73

M 107/2005  
Moseler, M.  
**Nanokonstruktionen aus Kohlenstoff**  
Konstruktion  
11 (2005) IW7-IW8

M 82/2005  
Rinker, M.; Schäuble, R.; Krombholz, A.  
**Bestimmung von Laminatkennwerten mit Hilfe optischer Feldmessverfahren**  
Konstruktion  
7/8 (2005) IW11-IW12

M 53/2005  
Schneider-Ramelow, M.; Petzold, M.; Knoll, H.; Wohnung, M.  
**Untersuchungen zur TS-Ball/Wedge-Bondbarkeit von Au-Drähten bei Raumtemperatur**  
PLUS  
7 (2005) 721-729

M 20/2005  
Soltész, U.; Schäfer, R.; Jaeger, R.; Gopp, U.; Kühn, K.G.  
**Fatigue Testing of Bone Cements – Comparison of Testing Arrangements**  
Journal of ASTM International  
Vol. 2, No. 7 (2005)  
unter [www.astm.org](http://www.astm.org), Paper ID JAI13105

M 73/2005  
Thielicke, B.  
**Mechanische Charakterisierung von Faserkeramiken für Brems-scheiben**  
Konstruktion  
9 (2005) IW20-IW21

M 144/2004  
Uhlmann, E.; Füting, M.; Schauer, K.  
**Optimierung von Mikrofräswerkzeugen in der Werkzeugplanungsphase**  
wt Werkstattstechnik  
94, 11/12 (2004) 596-599

## Wissenschaftliche Berichte des Instituts

W 2/2005  
Walde, T.  
**Modellierung der Textur- und Anisotropieentwicklung beim Walzen – Kopplung der Finite-Elemente-Methode mit mikrostrukturbasierten Modellen**

W 3/2005  
Schmitt, W.  
**Abschlussbericht Kompetenzzentrum für Bauteilsimulation SimBau**

W 6/2005  
Krasovskyy, A.  
**Verbesserte Vorhersage der Rückfederung bei der Blechumformung durch weiterentwickelte Werkstoffmodelle**

W 8/2005  
Petzold, M.; Knoll, H.; Wohnig, M.; Rudolf, F.; Schneider-Ramelow, M.; Ferber, A.  
**Thermosonic Drahtboden bei Verfahrenstemperaturen unter 100°C**

W 9/2005  
Bagdahn, J.; Wiemer, M.  
**Sicherung der Ausbeute und Zuverlässigkeit industriell gefertigter direkt wafergebondeter mikromechanischer Sensoren**

## Bücher, Buchbeiträge

M 101/2003

Blug, B.; Meier, S.; Pfeiffer, W.; Hollstein, T.  
**Design of DLC coatings for high speed hybrid ball bearings**  
in Current Trends in Tribology  
K. Vercammen, K. Van Acker, J. Meneve (Eds.),  
Institute for Terotechnology – National Research Institute, Polen (2004) II 1-II 4

M 81/2005

Ebert, M.; Knaup, M.; Stelzer, T.; Bagdahn, J.; Bartuch, H.; Brokmann, G.  
**Strength analysis of etched silicon pressure sensor**  
in Micro System Technologies 2005  
H. Reichl (Hrsg.),  
Franzis Verlag GmbH, Poing (2005) 562-571

M 62/2004

Höfer, M.; Blug, B.; Hollstein, T.; Schäfer, L.  
**CVD-Diamant auf Gleitringdichtungen – Ein Höchstleistungswerkstoff auch für Ihre Anwendungen?**  
in Dichtungstechnik Jahrbuch 2005  
Berger, Kiefer (Eds.),  
Hüthig Verlag, Heidelberg (2004) 428-433

M 22/2005

Kailer, A.; Hollstein, T.; Pfeiffer, W.; Kraft, T.  
**Keramische Walzwerkzeuge aus Siliciumnitrid zur Herstellung von Drähten, Rohren und Bändern**  
in Handbuch Technische Keramische Werkstoffe  
J. Kriegesmann (Ed.),  
Fachverlag Deutscher Wirtschaftsdienst, Köln (2005) 1-6 (Kapitel 8.3.2.5)

M 24/2005

Kailer, A.; Hollstein, T.  
**Using ceramics for wear resistant metal working tools: Ceramic rolls, wires, tubes and sheets**  
in Current Trends in Tribology 2004  
K. Vercammen, K. van Acker, J. Meneve (Eds.),  
Institute for Terotechnology – National Research Institute, Polen (2004) III 13 - III 16 (ISBN 83-70204-418-X)

M 85/2005

Knechtel, R.; Knaup, M.; Bagdahn, J.; Wiemer, M.  
**Non-destructive strength testing of anodic bonded glass-silicon wafer compounds**  
in Micro System Technologies 2005  
H. Reichl (Hrsg.),  
Franzis Verlag GmbH, Poing (2005) 612-614

M 12/2005

Neubrand, A.  
**Metallinfiltrierte Keramiken**  
in Technische Keramische Werkstoffe, 85. Ergänzungslieferung  
Jochen Kriegesmann (Hrsg.),  
Deutscher Wirtschaftsdienst, Köln (2005) 1-42, Kapitel 3.6.6.1

M 111/2004

Pfeiffer, W.; Frey, T.  
**Steigerung der Randschichtfestigkeit von Keramik durch Kugelstrahlen**  
in DKG-Handbuch: Technische Keramische Werkstoffe 2005  
Jochen Kriegesmann (Hrsg.),  
Deutscher Wirtschaftsdienst, Köln (2005) 1-28, Kapitel 3.7.3.5

M 5/2005

Pfeiffer, W.; Frey, T.  
**Advances in shot peening of silicon nitride ceramics**  
in Shot peening and other mechanical surface treatments  
Volker Schulze, Abbas Niku-Lari (Eds.),  
IITT-International, Paris (2005) 326-331, Chapter 5 ICSP:9

M 6/2205

Pfeiffer, W.  
**Characterization of shot peening components by x-ray diffraction: a method on its way from the laboratory into industrial product development**  
in Shot peening and other mechanical surface treatments  
Volker Schulze, Abbas Niku-Lari (Eds.),  
IITT-International, Paris (2005) 414-419, Chapter 7 ICSP:9

M 102/2003

Pfeiffer, W.; Frey, T.  
**Residual stresses and strength of shot peened Silicon Nitride Ceramics**  
in Residual stresses VII,  
Sabine Denis et al. (Eds.),  
Trans Tech Publications, Zürich, Schweiz (2004) 521-526

M 80/2005

Schneider-Ramelow, M.; Petzold, M.; Knoll, H.; Wohnig, M.  
**Investigations on TS bondability of different Au wires down to room temperature**  
in Micro System Technologies 2005  
H. Reichl (Hrsg.),  
Franzis Verlag GmbH, Poing (2005) 91-98

M 91/2005

Spohn, U.  
**Dialysis and reverse osmosis**  
in Encyclopedia of Analytical Sciences  
Worsfold, P.; Townsend, A. (Eds.),  
Elsevier, Amsterdam (2005) 515-524

M 114/2005

Ahzi, S.; Campagne, L.; Husson, C.; Poizat, C.

**Plasticité et endommagement dynamique des métaux : Application à la simulation de la découpe de tôles minces**

in Colloque National MECAMAT sur les »Mécanismes et mécanique du comportement, de la dégradation et de la rupture des matériaux sous sollicitations dynamiques« - Aussois 2005, France. Publication électronique: CD édité par l'association MECAMAT sous la direction de C. Génin, F. Hild et L. Rota et du Pôle Francilien de Dynamique (2005) 1-8

M 125/2005

Bagdahn, J.; Wiemer, M.; Petzold, M.

**Mechanical reliability of directly bonded silicon MEMS components**

in Proceedings of the ECS, The Electrochemical Society, Inc., Pennington, New Jersey, USA (2005) 253-263

M 126/2006

Bagdahn, J.; Petzold, M.

**Konzepte für die Sicherung von Festigkeit und Zuverlässigkeit von Komponenten der Silicium-mikromechanik**

in Proceedings der 37. Tagung des DVM Arbeitskreises Bruchvorgänge, Deutscher Verband für Materialforschung und -prüfung e.V., Hamburg (2005) 223-240

M 127/2005

Bagdahn, J.

**Reliability of wafer bonding in microsystem technologies**

in Proceedings of the 16<sup>th</sup> Workshop on Micromachining, Micro-mechanics and Microsystems, Prof. Peter Enoksson, Chairman MME 05 (Ed.), Inform Trycket AB, Göteborg, Schweden (2005) 10-16

M 115/2005

Bierwisch, C.; Henrich, B.; Kraft, T.; Moseler, M.; Riedel, H.

**3D-Modelling of Die Filling**

in Proceedings of the Euro PM2005, Band 3 PM Modelling Workshop, European Powder Metallurgy Association, Prag, Tschechische Republik (2005) 331-337 (ISBN 1899072 18 7)

M 54/2005

Beinert, J.; Kübler, R.; Kordisch, H.; Könczöl, L.; Kraft, T.; Kleer, G.

**On the characterisation of industrial PV manufacturing lines with respect to silicon fracturing**

in Proceedings of the 20<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy, WIP-Renewable Energies, Barcelona, Spanien (2005) 1167-1170 (ISBN 3-936338-19-1)

M 63/2004

Blug, B.; Meier, S.; Pfeiffer, W.; Hollstein, T.

**Einfluss der Schichtdecke und der Oberflächentopographie auf die Lebensdauer von DLC-Schichten im Wälzkontakt-Simulation und Experiment**

in Tagungsband Reibung, Schmierung und Verschleiß, GFT Gesellschaft für Tribologie Göttingen (2004) 1-10

M 144/2005

Böhme, W.; Borsutzki, M.; Döpmeier, T.; Häcker, R.; Larour, P.; Mayer, U.; Geisler, St.

**Ergebnisse eines VDEH-Ringversuchs zum Stahl-Eisen-Prüfblatt SEP 1230, Hochgeschwindigkeitszugversuche**

in Tagungsband Werkstoffprüfung 2005, W. Grellmann (Hrsg.), DVM, Berlin (2005) 181-188

M 106/2005

Cawkwell, M. J.; Mrovec, M.; Nguyen-Manh, D.; Pettifor, D. G.; Vitek, V.

**A Bond-Order Potential Incorporating Analytic Screening Functions for the Molybdenum Silicides**

in Proceedings of Integrative and Interdisciplinary Aspects of Intermetallics, Michael J. Mills, Haruyuki Inui, Helmut Clemens and Chong-Long Fu (Eds.), Materials Research Society, Warrendale, USA 842 (2005) S2.8.1

M 96/2004

Cismak, A.; Schwaneke, M.; Fütting, M.; Heilmann, A.

**Investigation of living cell cultures with environmental scanning electron microscopy (ESEM)**

in Proceedings of the 3. Symposium Micro- and Nanostructures of Biological Systems, Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg (Ed.), Halle (2004) 36-40

M 150/2005

Coube, O.; Jonsén, P.; Kraft, T.; Chen, Y.; Imbault, D.; Dorémus, P.; Gethin, D.; Rolland, S.; Federzoni, L.; Maydanyuk, A.; Shtern, M.; Cooks, A.; Maassen, R.; Tweed, J.; Markeli, W.

**Numerical simulation of DIE compaction: case studies and guidelines from the european dietet project**

in Conference Proceedings of the Euro PM2005, Band 3 PM Modelling Workshop, European Powder Metallurgy Association, Prag, Tschechische Republik (2005) 313-319

M 92/2005

Demiray, S.; Becker, W.; Hohe, J.

**A triangular finite element for sandwich plates accounting for transverse core compressibility**

in Proceedings on 7. Int. Conf. of the Sandwich Structures, O.T. Thomsen, E. Bozhevolnaya, A. Lyckegaard (Eds.), Springer-Verlag, Dordrecht, Aalborg, Dänemark (2005) 301-310

M 96/2005

Demiray, S.; Becker, W.; Hohe, J.

**Comparison of hyperelastic 2-D and 3-D model foams at large deformations**

in Proceedings of the GAMM Jahrestagung Applied Mathematics and Mechanics, Vol. 4, Wiley-VCH, Dresden (2004) 246-247

M 25/2005

Eckardt, J.; Borth, O.; Busch, M.; Krombholz, A.; Lühe, P.

**An improved characterisation of long-fibre thermoplastics for numerical simulation of components**

in Proceedings of the 21<sup>st</sup> Annual meeting of polymer processing society, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Leipzig (2005) CD-ROM, P 8.25

M 18/2005

Fausser, H.; Poizat, C.; Blug, B.; Knoll, H.; Grimm, M.

**Electrodeposited graded layers for improved dynamic load resistance**

in Proceedings 15. Symposium Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde, Topic 1, Grundlagen, Gradientenwerkstoffe, M. Schlimmer (Ed.), Deutsche Gesellschaft für Materialkunde, Kassel (2005) 243-248 (ISBN 3-88355-340-9)

M 7/2005

Gall, M.; Thielicke, B.; Poizat, C. **Experimentelle und numerische Untersuchungen zur Vorhersage der Lebensdauer von flächigen PZT-Funktionsmodulen**

in Proceedings 15. Symposium Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde, Topic 3, Industrielle Fertigung, Anwendungen in der Elektronik und Elektrotechnik (Sensoren, Aktuatoren, Adaptronik, Funktionspolymere), M. Schlimmer (Ed.), Deutsche Gesellschaft für Materialkunde, Kassel (2005) 427-432 (ISBN 3-88355-340-9)

M 19/2005

Gall, M.; Thielicke, B.; Poizat, C.; Klinkel, S.

**Finite element formulation of a piezoelectric continuum and performance studies of laminar PZT-patch-modules**

in Proceedings of the 881 E Coupled Nonlinear Phenomena-Modeling and Simulation for Smart, Ferroic, and Multiferroic Materials, R.M. McMeeking, M. Kamlah, S. Seelecke, D. Viehland (Eds.), Mat. Res. Soc., Warrendale, USA 881 (2005) CC3.3

M 27/2005

Gall, M.; Thielicke, B.; Poizat, C. **Experimentelle Untersuchungen und FE-Simulation zum Sensor- und Aktuatoreinsatz von flächigen PZT-Funktionsmodellen**

in Tagungsband zum Adaptronic Congress 2005, Adaptronic Congress Veranstaltungen- GbR Göttingen (2005) 1-4

- M 46/2005  
Gumbsch, P.  
**An application oriented view on materials modeling**  
in Handbook of Materials Modeling, S. Yip (Ed.), Springer Verlag, Aalborg, Dänemark (2005) 2713-2718
- M 66/2005  
Hohe, J.; Hebel, J.; Siegele, D.  
**Quantifizierung von Mehrachsigkeitseffekten im Rahmen des Mastercurve-Konzepts**  
in Tagungsband 37. Tagung des DVM-Arbeitskreises Bruchvorgänge »Technische Sicherheit, Zuverlässigkeit und Lebensdauer«, M. Kuna (Hrsg.), Deutscher Verband für Materialforschung und -prüfung e.V. (DVM), Hamburg-Harburg (2005) 147-156
- M 67/2005  
Hohe, J.; Hebel, J.; Siegele, D.  
**Two parameter approaches in the probabilistic failure assessment of ferritic steels**  
in Proceedings of the 11. Int. Conf. on Fracture, A. Carpinteri (Ed.), ICF11, Turin, Italien (2005) CD-Publikation
- M 70/2005  
Hohe, J.  
**Stochastic homogenization of polymeric foams**  
in Proceedings of the 7. Int. Conf. on Sandwich Structures, O.T. Thomsen, E. Bozhevolnaya, A. Lyckegaard (Eds.), Springer-Verlag, Aalborg, Dänemark (2005) 925-934
- M 93/2005  
Hohe, J.; Friedmann, V.; Siegele, D.  
**Anwendung des Mastercurve-Ansatzes unter Berücksichtigung des Effekts der Spannungsmehrachsigkeit**  
in Tagungsband 31. MPA-Seminar, E. Roos (Ed.), Materialprüfungsanstalt Universität Stuttgart (MPA), Stuttgart (2005) 15.1-15.20
- M 95/2005  
Hohe, J.; Becker, W.  
**On the effect of cell irregularity on the effective behavior of solid foams**  
in Proceedings of the GAMM Jahrestagung Applied Mathematics and Mechanics, Vol. 4, Wiley-VCH, Dresden (2004) 260-261
- M 97/2005  
Hohe, J.; Librescu, L.; Oh, S.Y.  
**Global buckling and face wrinkling response of sandwich panels under transient loads**  
in Proceedings of the 46. AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference, AIAA-paper 2005-2100 American Institute of Aeronautics and Astronautics, Austin, USA (2005) CD Publikation
- M 35/2005  
Hug, M.; Rieser, D.; Manns, P.; Spiess, G.; Spöri, T.; Kleer, G.  
**Untersuchungen zur Herstellung optischer Komponenten durch schnelles Heißprägen anorganischer Gläser**  
in 79. Glastechnische Tagung, Referate Deutsche Glastechnische Gesellschaft e.V., Offenbach (2005) P-22-Hug
- M 116/2005  
Husson, C.; Ahzi, S.; Daridon, L.; Poizat, C.  
**Numerical study of the effects of processing parameters in high-speed blanking of connectors**  
in Proceedings of the 24<sup>th</sup> International Deep Drawing Research Group Congress, N. Boudeau (Ed.), Besançon, France (2005) 10
- M 117/2005  
Husson, C.; Poizat, C.; Daridon, L.; Ahzi, S.  
**Travail des métaux en feuilles : simulation numérique 2D et optimisation du découpage d'alliages de cuivre, Vol. 2**  
in 7<sup>ème</sup> colloque national en calcul des structures, Ohayon Roger, Grellier Jean-Paul, Rassineux Alain (Eds.), Hermes Science Publications Lavoisier, Giens (Var), Frankreich (2005) 383-388 (ISBN 2-7462-1138-6)
- M 88/2005  
Jaeger, C.R.; Koplín, C.  
**Ein kinetisches Modell zur Beschreibung des Volumen- und Temperaturverhaltens von Dentalkompositen während der Aushärtung in Biomaterialien**  
in Biomaterialien, Vol. 63, Prof. Dr.-Ing. Roger Thull, Prof. Dr. Reiner Gradinger (Eds.), Verlag Neuer Merkur GmbH, Würzburg (2005) 188
- M 28/2005  
Kailer, A.; Hollstein, T.  
**Ceramic rolls for wires, tubes and sheets**  
in Proceedings of the World Tribology Congress III, ASME, Washington, USA (2005) 1-2 (ISBN 0-7918-3767-X)
- M 96/2003  
Kiesow, A.; Graener, H.; Heilmann, A.; Podlipensky, A.; Seifert, G.; Teuscher, N.  
**Generation of line pattern in thin polymer films with embedded gold nanoparticles by irradiation with ultrashort, linearly polarized laser pulses**  
in Proceedings of the 4<sup>th</sup> Caesarium »Functional Micro- and Nanosystems«, Prof. Dr. Karl-Heinz Hoffmann (Ed.), Springer-Verlag, Bonn, (2004) 59-64
- M 97/2003  
Kiesow, A.; Teuscher, N.; Heilmann, A.; Meinhardt, J.; Hoffmann, R.; Baumann, D.;  
**Industrielle Coronabehandlung von LDPE-Folien – Nachweismethoden der Oberflächenmodifizierung**  
in Proceedings 11. Neues Dresdner Vakuumtechnisches Kolloquium, Dresdner Transferstelle für Vakuumtechnik e.V., Dresden (2003) 104-110
- M 36/2005  
Kleer, G.; Könczöl, L.; Schäffer, E.; Weygand, S.  
**Grundlegende Untersuchungen zur Erniedrigung der Klebneigung zwischen Kunststoffen und Formmaterialien**  
in Grenzflächenhaftung in technischen Systemen, WING - Das Jahrbuch 2004, Forschungszentrum Jülich GmbH, Projektträger Jülich (Ed.), Jülich (2005) 35-40
- M 87/2005  
Koplín, C.; Jaeger, C.R.  
**Bestimmung der mechanischen Parameter von Dentalkompositen während der Aushärtung in Biomaterialien**  
in Biomaterialien, Vol. 63, Prof. Dr.-Ing. Roger Thull, Prof. Dr. Reiner Gradinger (Eds.), Verlag Neuer Merkur GmbH, Würzburg (2005) 189
- M 122/2004  
Kordisch, H.  
**Werkstoff Glas: Modellierung und Anwendung**  
in Tagungsband Glasstec, Forum Glastechnik (Ed.), Glastechnik VDMA, Frankfurt (2004) 1-7
- Korn, K.; Kraft, T.; Riedel, H.  
**Modelling of anisotropic shrinkage during liquid phase sintering**  
in Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Conference on Science, Technology and Applications of Sintering, D. Bouvard (Ed.), Institut National Polytechnique de Grenoble, Grenoble, Frankreich (2005) 260-263
- M 112/2004  
Kotschenreuther, J.; Delonnoy, L.; Hochrainer, T.; Schmidt, J.; Fleischer, J.; Schulze, V.; Löhe, D.; Gumbsch, P.  
**Influences of process scaling in metal cutting with geometrically defined cutting edges**  
in Proceedings of the 4<sup>th</sup> Euspen International Conference, Glasgow European Society for Precision Engineering and Nanotechnology (Ed.), LG Digital, Beds, United Kingdom (2004) 173-174
- M 30/2005  
Kraft, T.; Riedel, H.; Gumbsch, P.  
**Computer simulation as a tool in PM material science and technology**  
in 16<sup>th</sup> International Plansee Seminar, Powder Metallurgical High Performance Materials, Conference Proceedings, Volume 2, G. Kneringer, P. Rödhammer, H. Wildner (Eds.), Plansee Holding AG, Reutte, Austria (2005) 9-23
- M 17/2005  
Kraft, T.; Henrich, B.; Bierwisch, C.; Moseler, M.; Riedel, H.;  
**Modeling and simulation of processing steps in powder technology using particle dynamics**  
in 16<sup>th</sup> International Plansee Seminar, Powder Metallurgical High Performance Materials, Conference Proceedings, Volume 2, G. Kneringer, P. Rödhammer, H. Wildner (Eds.), Plansee Holding AG, Reutte, Austria (2005) 69-81

- M 31/2005  
Kraft, T.; Henrich, B.; Moseler, M.; Riedel, H.  
**Multiscale modelling and simulation of sintering**  
in Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Conference on Science, Technology and Applications of Sintering, D. Bouvard (Ed.), Institut National Polytechnique de Grenoble, Grenoble, Frankreich (2005) 220-223
- M 29/2005  
Kraft, T.  
**Simulations in powder technology at Fraunhofer IWM**  
in PM DIENET News No. 8, EPMA, Shrewsbury, United Kingdom (2005) 3-4
- M 128/2005  
Kravchenko, G.; Bagdahn, J.  
**Fracture and delamination of thin multilayers on ultrathin silicon**  
in Proceedings of the EuroSime Conference, L.J. Ernst; G.Q. Zhang; P. Rodgers; M. Meuwissen; S. Marco; O. de Saint Leger (Eds.), Shaker Publishing, Maastricht, Niederlande, Berlin (2005) 419-422
- M 42/2005  
Krombholz, A.; Goldstein, A.  
**Bestimmung der kritischen Energiefreisetzungsrates an C/SiC-Laminaten unter Mixed-Mode-Belastung**  
in Proceedings Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde, M. Schlimmer (Ed.), Werkstoff-Informationsgesellschaft mbH, Kassel, Germany (2005) 151-156
- M 41/2005  
Krombholz, A.; Schäuble, R.; Kyrkach, O.  
**Bewertung und Auslegung von Faserverbundkunststoff-Metall-Fügeverbindungen**  
in Proceedings 2. Landshuter Leichtbau-Colloquium, Otto Huber, Marc Bicker (Eds.), Fachhochschule Landshut, Landshut (2005) 265-275
- M 121/2004  
Kübler, R.  
**Trennen von Flachglas mit laser-gestützten Verfahren**  
in Abschlussbericht: Laser induziertes Spannungs-Trennverfahren (LiST), Forum Glastechnik (Ed.), Verband Deutscher Maschinen und Anlagenbau e.V., Frankfurt (2004) 13-24
- M 71/2005  
Luke, M.; Schendera, C.; Blauel, J.G.  
**Fitness for purpose assessment of a structural aluminium railway car body component**  
in Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Conference on Fracture, A. Carpinteri (Ed.), ICF11, Turin, Italien (2005) CD-Publikation
- M 61/2005  
Memhard, D.; Pfeiffer, W.; Siegele, D.  
**Determination of residual stresses in multipass weldments of high strength steels with experimental and numerical techniques**  
in Proceedings of the Int. Conf. WELDS 2005, B. Dogan, U. Ceyhan (Eds.), GKSS, Geesthacht (2005) Konferenzbeiträge auf CD vorhanden
- M 103/2005  
Memhard, D.; Andrieux, F.; Sun, D.-Z.; Feucht, M.; Frank, T.; Kolling, S.  
**Entwicklung und Anwendung von Ersatzmodellen für die Modellierung von Klebverbindungen unter Crashbelastung**  
in Proceedings of the 4. LS-DYNA Anwenderforum, DYNAMore GmbH, Bamberg (2005) B-I-23 – B-I-34
- M 118/2005  
Mohrmann, R.; Seifert, T.; Höll, H.  
**Modelling the TMF-life of a salt bath experiment with viscoplastic constitutive equations**  
in Proceedings of the PVP, ASME Pressure Vessels and Piping Division Conference, K. Yoon (Ed.), ASME, Denver, USA (2005) 1-6
- M 123/2004  
Morris, J.E.; Wu, F.; Radehaus, C.; Hietschold, M.; Henning, A.; Hofmann, K.; Kiesow, A.  
**Single electron transistors: modeling and fabrication**  
in 2004 7<sup>th</sup> International Conference on Solid-State and Integrated Circuits Technology Proceedings, Piscataway, NJ, USA: IEEE, Beijing, China (2005) 634-9
- M 13/2005  
Neubrand, A.; Westerheide, R.; Thielicke, B.; Lang, K.-H.; Ulrich, O.; Huchler, B.; Staudenecker, D.; Nagel, A.  
**Werkstoffmechanische Bewertung von Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/AlSi13- und TiO<sub>2</sub>/AlSi12-Preform-MMC's**  
in Tagungsband Symposium Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde, M. Schlimmer (Ed.), Werkstoffinformationsgesellschaft, Frankfurt (2005) 81-86
- M 120/2004  
Petzold, M.; Bagdahn, J.; Katzer, D.  
**Strength and Reliability Testing for Silicon Based MEMS**  
in The World of Electronic Packaging and System Integration, B. Michel, R. Aschenbrenner (Eds.), ddp goldenbogen, Dresden (2004) 379-387
- M 103/2003  
Pfeiffer, W.; Frey, T.  
**Strengthening of ceramics by shot peening**  
in Ceramic Engineering & Science Proceedings, 28<sup>th</sup> International Conference on Advanced Ceramics and Composites, Vol. 25, Issue 3, Lara-Curzio Edgar, Michael J. Radey (Eds.), American Ceramic Society, Cocoa Beach, Florida (2004) 195-200
- M 89/2005  
Pfeiffer, W.; Frey, T.  
**Preventing contact loading induced surface failure of ceramic components by a shot peening treatment**  
in Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Conference on Fracture, A. Carpinteri, G. Ferro (Eds.), Turin, Italien (2005) CD-Publikation
- M 119/2005  
Poizat, C.; Schmitt, W.; Ahzi, S.; Husson, C.; Adrian, J.  
**Optimisation of manufacturing processes of connectors parts: combination of experiments and finite element simulation**  
in EESystems Conference (Cable systems and connectors for the automotive industry), Car Training Institute (Ed.), München (2005) 1-9
- M 87/2005  
Poizat, C.; Benjeddou, A.  
**On analytical and numerical modelling of piezoelectric bimorphs**  
in Proceedings of the CST04/ Special Session: Composite and Adaptive Structures: Modelling and Simulation, Paper 7, B.H.V. Topping and C.A. Mota Soares (Eds.), Civil-Comp Press, Lisbon, Portugal (2004) 1-20 (ISBN 0-948749-94-6)
- M 115/2004  
Radtke, A.; Borth, O.; Eckardt, J.; Henning, H.; Eyerer, P.  
**Rheology, mold filling and structural FE-simulation of LFT-D and tailored LFT-structures**  
in Proceedings of the 25<sup>th</sup> Jubilee Int. SAMPE Europe Conference Porte de Versailles, K. Drechsler (Ed.), Isenegger AG, Möhlin/Basel, Paris, Frankreich (2004) 501-506
- M 23/2005  
Rieser, D.; Spieß, G.; Manns, P.  
**Untersuchungen zum Klebe- und Abriebverhalten von Formwerkstoffen und Beschichtungen für die Glasheißverarbeitung**  
in 79. Glastechnische Tagung, Referate, Deutsche Glastechnische Gesellschaft e.V., Offenbach (2005) S1-1725-Rieser
- M 37/2005  
Rieser, D.; Spieß, G.; Manns, P.  
**Investigations on glass to mold sticking in the hot forming process**  
in Digest, Chinese Ceramic Society, Shanghai, China (2005) HB2-4

- M 90/2005  
Schindler, R.; Hermle, M.; Kleer, G.; Kohn, C.; Kübler, R.; Lautenschlager, H.; Reis, I.E.; Willeke, G.  
**Thin large area solar cells**  
in Tagungsband 20<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy, WIP-Renewable Energies, Barcelona, Spanien (2005)  
845-847 (ISBN 3-936338-19-1)
- M 120/2005  
Schmidt, I.; Wonisch, A.; Henrich, B.; Moseler, M.; Riedel, H.  
**Computation of macroscopic yield surfaces by particle methods**  
in EuroPM, European Powder Metallurgy Association, Prag, Tschechische Republik (2005)  
363-368 (ISBN 1899072187)
- M 121/2005  
Schmitt, W.; Benevolenski, O.; Brehm, H.; Walde, T.  
**Application of local concepts in the automotive industry**  
in Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Conference on Fracture, A. Carpinteri, G. Ferro (Eds.), Turin, Italy (2005) CD-Publikation
- M 129/2005  
Schönfelder, S.; Bagdahn, J.; Ebert, M.; Petzold, M., Bock, K.; Landesberger, C.  
**Investigations of strength properties of ultra-thin silicon**  
in Proceedings of the EuroSime Conference, L.J. Ernst; G.Q. Zhang; P. Rodgers; M. Meuwissen; S. Marco; O. de Saint Leger (Eds.), Shaker Publishing, Maastricht, Niederlande, Berlin, Germany (2005) 105-111
- M 123/2005  
Seifert, T.; Mohrmann, R.  
**Ein Erfahrungsbericht zu einer UMAT für temperaturabhängiges viskoplastisches Materialverhalten**  
in Tagungsband zur 17. Deutschsprachigen ABAQUS Benutzerkonferenz, M. Knops, C. Keggenhoff (Eds.), ABAQUS Deutschland GmbH, Nürnberg (2005) 1-17
- M 62/2005  
Siegele, D.; Varfolomeyev, I.; Hodulak, L.; Windisch, M.  
**Analytische und numerische Bewertungen von Oberflächenfehlern in Aluminiumstrukturen**  
in Tagungsband 37. Tagung des DVM-Arbeitskreises Bruchvorgänge »Technische Sicherheit, Zuverlässigkeit und Lebensdauer«, M. Kuna (Ed.), Deutscher Verband für Materialforschung und -prüfung eV. (DVM), Hamburg-Harburg (2005) 187-196
- M 63/2005  
Siegele, D.; Hohe, J.; Friedmann, V.  
**Master curve analysis of a German RPV steel considering local constraint**  
in Proceedings of the 18. Int. Conf. Structural Mechanics in Reactor Technology, SMiRT18-G11-1, Y. Zhou, S. Yu, Y. Xu (Eds.), Atomic Energy Press, Beijing, China (2005) 190
- M 64/2005  
Siegele, D.; Varfolomeyev, I.; Nagel, G.  
**Brittle failure assessment of a PWR-RPV for normal-anomalous operation and loss of coolant accident loads**  
in Proceedings of the ASME 2005 PVP Pressure Vessels and Piping Conference, S.Y. Zamnik (Ed.), ASME, Denver, USA (2005)  
CD-Publikation
- M 65/2005  
Siegele, D.; Keim, E.; Nagel, G.  
**Comparison of reference temperature T<sub>0</sub> from instability K<sub>Jc</sub> and K<sub>Ic</sub> fracture toughness**  
in Proceedings of the ASME 2005 PVP Pressure Vessels and Piping Conference, S.Y. Zamnik (Ed.), ASME, Denver, USA (2005)  
CD-Publikation
- M 45/2004  
Sindelar, R.; Riedel, W., Schäuble, R.; Thielicke, B.; Hiermaier, S.  
**Failure mechanisms in layered composite materials for compressed hydrogen tanks**  
in FISITA 2004 World Automotive Congress STA, Barcelona, Spanien (2004) CD-Publikation
- M 14/2005  
Standke, G.; Müller, T.; Neubrand, A.; Weise, J.; Westerheide, R.  
**Metall-Matrix-Verbundwerkstoffe auf Basis von Hochleistungs-Schaumkeramiken**  
in Tagungsband Symposium Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde, M. Schlimmer (Ed.), Werkstoffinformationsgesellschaft, Frankfurt (2005) 257-262
- M 102/2005  
Sun, D.-Z.; Andrieux, F.; Ockewitz, A.; Klamser, H.; Hogenmüller, J.  
**Modelling of the failure behaviour of windscreens and component tests**  
in Proceedings on 5. European LS-DYNA Users Conference, Arup, Birmingham, England (2005) 6c-76
- M 104/2005  
Sun, D.-Z.; Andrieux, F.; Ockewitz, A.; Klamser, H.; Hogenmüller, J.  
**Modelling of the failure behaviour of windscreens and component tests**  
in Proceedings 4. LS-DYNA Anwenderforum, DYNAMore GmbH, Bamberg (2005) B-II-23 – B-II-31
- M 52/2005  
Theuss, H.; Pressel, K.; Paulus, S.; Kilger, T.; Dangelmaier, J.; Lehner, R.; Eisener, B.; Kiendl, H.; Schischka, J.; Graff, A.; Petzold, M.  
**A highly reliable flip chip solution based on electroplated AuSn bumps in a leadless package**  
in Proceedings of the Electronic Components and Technology Symposium (ECTC), IEEE Copyrights Manager, Lake Buena Vista, Florida, USA (2005)  
CD-Publikation, 272-279
- M 69/2005  
Varfolomeyev, I.; Böhme, W.; Luke, M.  
**Erweiterung der FKM-Richtlinie »Bruchmechanischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile« Probabilistische Bruchmechanik, dynamische Beanspruchung**  
in Tagungsband 37. Tagung des DVM-Arbeitskreises Bruchvorgänge »Technische Sicherheit, Zuverlässigkeit und Lebensdauer«, M. Kuna (Ed.), Deutscher Verband für Materialforschung und -prüfung eV. (DVM), Hamburg-Harburg (2005) 241-251
- M 98/2005  
Varfolomeyev, I.; Holzer, W.; Beukelmann, D.; Mayinger, W.  
**Influence of a welded pipe whip restraint on the critical crack size in a 90° bend**  
in Proceedings of the 18. Int. Conf. Structural Mechanics in Reactor Technology, SMiRT18-G08-5, Y. Zhou, S. Yu, Y. Xu (Eds.), Atomic Energy Press, Beijing, China (2005) 181
- M 10/2005  
Weygand, S. M.; Riedel, H.; Eberhard, B.; Wouters, G.  
**Numerical simulation of the drawing process of tungsten wires**  
in 16<sup>th</sup> International Plansee Seminar, Vol. 1, G. Kneringer, P. Röthhammer, H. Wildner (Eds.), Plansee AG, Reutte, Österreich (2005) 55-66



- Albina, J.M.; Mrovec, M.;  
Elsässer, C.; Meyer, B.  
**Heterostructure band offsets  
and Schottky barriers at electro-  
ceramic Perovskite-Perovskite  
Interfaces**  
International Workshop on Inte-  
grated Electroceramic Functional  
Structures, Berchtesgaden,  
06.-08.06.2005
- Altmann, F.; Breitenstein, O.  
**IC Fehleranalyse mit Lock-in  
Thermographie**  
Institutsseminar Fakultät IV Elektro-  
technik und Informatik der Tech-  
nischen Universität Berlin, Berlin,  
15.02.2005
- Altmann, F.; Bennemann, S.;  
Graff, A.; Schischka, J.; Petzold, M.  
zusammen mit Theuss, H.;  
Pressel, K., Infineon Technologies  
AG Regensburg  
**Physikalische Fehleranalyse für  
ein neues Flip Chip in Package-  
Gehäusekonzept**  
Fehlermechanismen bei kleinen  
Geometrien 23. ITG Sitzung,  
Grainau, 03.05.2005
- Altmann, F.; Simon, M.; Graff, A.  
**TEM-Präparation mittels low-  
voltage-FIB**  
Präparative Aspekte der TEM,  
Workshop, Oberkochen,  
18.05.2005
- Altmann, F.; Breitenstein, O.  
**Inversion of microscopic lock-in  
thermograms in the presence of  
emissivity contrast**  
International Workshop on  
Advances in Signal Processing for  
Non Destructive Evaluation of  
Materials (IWASPND), Quebec,  
USA, 01.-05.08.2005
- Beinert, J.; Kübler, R.; Kordisch, H.;  
Könczöl, L.; Kraft, T.; Kleer, G.  
**On the characterisation of  
industrial PV manufacturing  
lines with respect to silicon  
fracturing**  
20<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar  
Energy Conference, Barcelona,  
Spanien, 06.-10.06.2005
- Bierwisch, C.; Henrich, B.; Kraft, T.;  
Moseler, M.; Riedel, H.  
**Particle methods in powder  
technology**  
Russian-German Advanced  
Research Workshop on Computa-  
tional Science and High Perfor-  
mance Computing, HLRS Stuttgart  
14.-16.03.05
- Blauel, J.G.  
**Bruchmechanische Bewertung  
rissbehafteter Schweißbauteile  
mit Eigenspannungen**  
DVS-Seminar: Eigenspannungen  
und Verzug beim Schweißen,  
Braunschweig, 13.10.2005
- Böhme, W.; Borsutzki, M.;  
Döpmeier, T.; Häcker, R.; Larour, P.;  
Mayer, U.; Geisler, St.  
**Ergebnisse eines VDEh-Ringver-  
suchs zum Stahl-Eisen-Prüfblatt  
SEP 1230, »Hochgeschwindig-  
keitszugversuche«**  
Werkstoffprüfung 2005, Berlin,  
01.-02.12.2005
- Brand, M.; Siegele, D.  
**Numerical analysis of distortion  
and residual stresses by usage  
of finite element analysis of  
modern dual phase steels while  
welding**  
58. Annual Assembly and Inter-  
national Conference of Interna-  
tional Institute of Welding IIW,  
Prag, Tschechische Republik,  
10.-15.07.2005
- Brehm, H.; Poizat, C.; Schmitt, W.  
**Optimierung von Steckverbin-  
dungen durch Finite Elemente  
Analysen**  
Quo Kabelkonfektion: Quo Vadis?,  
Stuttgart, 30.11.-01.12.2005
- Burmeister, F.; Kleer, G.  
**Entspiegelung von Kunststoff-  
komponenten**  
13. Neues Dresdner Vakuumtech-  
nisches Kolloquium, Dresden,  
13.-14.10.2005
- Burmeister, F.; Kaminski, S.;  
Kübler, R.; Kohn, C.; Kleer, G.  
**Applications for TiAlN- and TiO<sub>2</sub>-  
coatings with nanoscale surface  
topographies**  
ICMCTF, San Diego, USA,  
02.-06.05.2005
- Colombi Ciacchi, L.  
**First principles and classical  
molecular dynamics simulations  
of biological system**  
PSI-K Conference, Schwäbisch  
Gmünd, 17.-21.09.2005
- Colombi Ciacchi, L.; Gumbsch, P.;  
Stengel, M.; Payne, M.  
**A first principles molecular  
dynamics study of native oxide  
growth on metallic and semi-  
conductor surfaces**  
Euromat 2005, Prag, Tschechische  
Republik, 05.-08.09.2005
- Ebert, M.; Dresbach, C.;  
Kromholz, A.; Bagdahn, J.;  
Glien, K.; Graf, J.;  
Müller-Fiedler, R.; Höfer, H.  
**Mechanical failure behavior of  
glass frit bondet structures**  
Conference on Design, Testing,  
Integration and Packaging of  
MEMS, Montreux, Switzerland  
01.-03.06.2005
- Elsässer, C.  
**Modellierung und Vorhersagen  
von strukturellen, physikalischen  
und chemischen Werkstoffeigen-  
schaften mit der ab-initio-Elek-  
tronentheorie**  
Institut für Keramik und  
Maschinenbau IKM, Karlsruhe,  
27.01.2005
- Elsässer, C.; Mrovec, M.;  
Albina, J.-M.; Meyer, B.  
**First-principles theory of inter-  
facial electronic structures and  
energy barriers in electroceramic  
thin-film devices**  
DPG Tagung, Berlin,  
04.- 09.03.2005
- Elsässer, C.; Mrovec, M.; Albina, J.-  
M.; Meyer, B.  
**First-principles theory of inter-  
facial electronic structures and  
energy barriers in electroceramic  
thin-film devices**  
2005 MRS Spring Meeting,  
San Francisco, USA,  
28.03.-01.04.2005
- Elsässer, C.  
**Elektronentheorien atomistische  
Simulationen von Korn- und  
Phasengrenzen in Werkstoffen**  
Materialprüfungsanstalt MPA,  
Universität Stuttgart, Stuttgart,  
29.04.2005

- Elsässer, C.  
**Elektronentheorie und atomistische Simulationen von Korn- und Phasengrenzen in Werkstoffen**  
Materials Days Rostock 2005, Rostock, 22.-24.05.2005
- Elsässer, C.; Mrovec, M.; Albina, J.M.; Meyer, B.  
**First-principles theory of interfacial electronic properties of electroceramic thin-film devices**  
International Workshop on Integrated Electroceramic Functional Structures, Berchtesgaden, 06.-08.06.2005
- Elsässer, C.; Mrovec, M.; Albina, J.-M.; Meyer, B.  
**First principles theory of Interfacial Electronic Structures and Energy barriers in Electroceramic thin-film devices**  
International Workshop on Interfaces: Interfaces by Design, Santiago de Compostela, Spanien, 26.-30.06.2005
- Elsässer, C.  
**Modelling of structures and properties of interfaces in oxides**  
International Max Planck Research School for Advanced Materials IMPRS Summer School on Interfaces of Oxides, Stuttgart, 04.-08.07.2005
- Elsässer, C.; Mrovec, M.; Albina, J.-M., Meyer, B.  
**First-principles theory of interfacial electronic structures and energy barriers in electroceramic thin-film devices**  
PSI-K 2005 Conference, Schwäbisch Gmünd, 17.-21.09.2005
- Fausser, H.; Poizat, C.  
**Electrodeposited graded layers for improved dynamic load resistance**  
Conference Eurointerfinish 2005, Surface Technology For Novel Materials, Barcelona, Spanien, 12-13.05.2005
- Friedmann, V.; Luke, M.  
**Fracture mechanics investigations of railway axles in the frame of a recently started DEUFRAKO project**  
ESIS TC 24, Special Meeting on Damage Tolerance of Railway Axles, Geesthacht, 02.-03.02.2005
- Gall, M.; Thielicke, B.; Poizat, C.; Kinkel, S.  
**FE analysis and performance tests of PZT patch modules**  
2005 MRS Spring Meeting, San Francisco, USA, 28.03.-01.04.2005
- Graff, A.; Simon, M.; Altmann, F.; Hoffmeister, H.; Gnauck, P.  
**Removal of amorphous layers by low voltage FIB preparation**  
Dreiländertagung Microscopy Conference, Davos, Schweiz, 28.08.-02.09. 2005
- Gumbsch, P.; Jin, Z.; Weygand, D.  
**Modelling hardening behaviour and dislocation grain boundary interaction in thin films**  
2005 MRS Spring Meeting, San Francisco, USA, 28.03.-01.04.2005
- Gumbsch, P.  
**Crashworthiness assessment of aluminium automotive components by testing and simulation and Multiscale simulation for improved component quality**  
Seminar at Lanzhou University of Technology, Lanzhou, China, 15.04.2005
- Gumbsch, P.  
**Versetzungs-Defekt-Wechselwirkung und deren Einfluss auf den Spröd-Duktill-Übergang**  
Forschungszentrum Karlsruhe, Karlsruhe, 03.06.2005
- Gumbsch, P.  
**Fundamentals of dislocation mechanics and multi-scale modelling, application to deformation and fracture**  
Multi Scale Modelling of Plasticity and Fracture by means of Dislocation Mechanics, CISM, Udine, Italien, 04.-08.07.2005
- Gumbsch, P.; Weygand, D.; von Blanckenhagen, B.  
**Three dimensional simulation of the dislocation dynamics in polycrystalline metal films**  
Multi Scale Modelling of Plasticity and Fracture by means of Dislocation Mechanics, CISM, Udine, Italien, 04.-08.07.2005
- Gumbsch, P.  
**Modeling and simulation in materials science**  
Multi Scale Modelling of Plasticity and Fracture by means of Dislocation Mechanics, CISM, Udine, Italien, 04.-08.07.2005
- Gumbsch, P.  
**Werkstoffe im Einsatz – Neue Konzepte in Herstellung und Bewertung**  
Jahreskongress Zulieferer Innovativ 2005, Audi Forum Ingolstadt, 06.07.2005
- Gumbsch, P.  
**Materials, processes and components**  
4th German-Japanese Seminar »Materials, Processes and Components«, Universität Karlsruhe, 07.-08.07.2005
- Gumbsch, P.  
**Nanoscale concepts for mechanics of materials**  
Int. Max Planck Research School for Science and Technology of Nanostructures, Halle, 11.10.2005
- Hashibon, A.; Elsässer, C.; Rühle, M.  
**Structure and bounding at abrupt Copper/Alumina interfaces – an ab-initio density-functional-theory study**  
International Workshop on Interfaces: Interfaces by Design, Santiago de Compostela, Spanien, 26.-30.06.2005
- Hashibon, A.; Elsässer, C.; Rühle, M.  
**Structure and bonding at abrupt copper/alumina interfaces – an ab-initio density-functional-theory study**  
PSI-K 2005 Conference, Schwäbisch Gmünd, 17.-21.09.2005
- Hashibon, A.; Elsässer, C.; Rühle, M.  
**Structure and bonding at abrupt copper/alumina interfaces – an ab-initio density-functional-theory study**  
2005 MRS Fall Meeting Boston, USA, 28.11.-02.12.2005

- Hashibon, A.; Gumbsch, P.; Elsässer, C.; Mishin, Y.  
**Structure and failure of fcc/bcc heterophase boundaries in metals**  
2005 MRS Fall Meeting  
Boston, USA, 28.11.-02.12.2005
- Henrich, B.; Moseler, M.  
**Simulation von Phaenomenen an Flüssigkeitsgrenzflächen mit Dissipativer Partikel Dynamik**  
14. FMF Kolloquium,  
Titisee Neustadt, 07.10.2005
- Hohe, J.; Siegele, D.  
**Influence of triaxiality on brittle fracture**  
4. German-Japanese Seminar  
»Materials, Processes and Components«, Universität Karlsruhe,  
07.-08.07.2005
- Hohe, J.; Librescu, L.  
**Transient dynamic response of sandwich shells with transversely compressible core**  
GAMM, Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik e.V., Annual Meeting 2005,  
Luxemburg, 28.03.-01.04.2005
- Huber, B.  
**Oxidation von Palladium Clustern auf Magnesia**  
14. FMF Kolloquium,  
Titisee Neustadt, 06.10.2005
- Huber, B.; Koskinen, P.; Häkkinen, H.; Moseler, M.  
**Oxidation of supported palladium cluster leads to the ultimate limit of epitaxy with a catalytic function**  
Trends in Nanoscience: Structure and Functions, Kloster Irsee,  
08.-12.10.2005
- Hug, M.; Rieser, D.; Manns, P.; Spieß, G.; Spöri, T.; Kleer, G.  
**Untersuchungen zur Herstellung optischer Komponenten durch schnelles Heißprägen anorganischer Gläser**  
79. Glastechnische Tagung,  
Würzburg, 23.-25.05.2005
- Hug, M.; Rieser, D.; Manns, P.; Kleer, G.  
**Investigations on process parameters influencing the quality of optical lenses formed by non-isothermal embossing of inorganic glasses**  
SPIE Optical Systems Design, Jena,  
12.-16.09.2005
- Jaeger, C.R.; Cowen, C.J.; Boehlert, C.J.  
**Fatigue resistance of novel TiAlNb Alloys for Biomedical application**  
19<sup>th</sup> Conference on Biomaterials,  
Sorrento, Italien, 11.-15.09.2005
- Junghans, F.; Schulze, S.; Conrad, A.; Heilmann, A.; Spohn, U.  
**Mikromechanische und optische Untersuchungen an dünnen Schichten aus Seidenproteinen**  
69. Jahrestagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Berlin,  
03.-10.03.2005
- Kailer, A.  
**Keramische Walzwerkzeuge für Drähte, Bänder und Rohre**  
IFU Institut für Umformtechnik,  
Entwicklungs- und Gründer Centrum, Lüdenscheid, 02.06.2005
- Kiesow, A.; Teuscher, N.; Heilmann, A.; Meinhardt, J.  
**Corona treatment on polyethylene films at different ambient conditions – surface characterization and plasma diagnostics**  
2<sup>nd</sup> International Workshop on Cold Atmospheric Pressure Plasmas Applications (CAPPSA 2005),  
Bruges, Belgien,  
30.08.-02.09.2005
- Kiesow, A.; Löschner, K.; Seifert, G.; Heilmann, A.  
**Periodically ordered structure changes in metal nanoparticle-containing plasma polymer films by laser irradiation**  
2<sup>nd</sup> International Workshop on Polymer/Metal Nanocomposites,  
Geesthacht, 26.-27.09.2005
- Kiesow, A.; Kailer, A.; Löschner, K.; Heilmann, A.  
**Structure and properties of polymer-fullerene composite films deposited by a combined process of thermal sublimation and plasma polymerization**  
69. Jahrestagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Berlin,  
04.-09.03.2005
- Knoll, H.; Memhardt, D.; Petzold, M.  
**Instrumentierte Eindruckprüfung an Al Bondpads**  
AWT Fachausschuss 12, Dresden,  
13.-14.04.2005
- Knoll, H.; Schischka, J.; Petzold, M.  
**Bestimmung mechanischer Eigenschaften von Drahtbondkontaktierungen mittels instrumentierter Eindringprüfung**  
Werkstoffprüfung 2004, Neu-Ulm,  
25.-26.11.2004
- Koplin, C.; Jaeger, C.R.  
**Ein kinetisches Modell zur Beschreibung des Volumen- und Temperaturverhaltens von Dentalkompositen während der Aushärtung**  
Jahrestagung 2005 der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien DGBM e.V., Würzburg,  
07.-08.10.2005
- Koplin, C.; Jaeger, C.R.  
**Bestimmung der mechanischen Parameter von Dentalkompositen während der Aushärtung**  
Jahrestagung 2005 der Deutschen Gesellschaft für Biomaterialien DGBM e.V., Würzburg,  
07.-08.10.2005
- Koskinen, P.; Häkkinen, H.; Seifert, G.; Moseler, M.  
**Small gold clusters with density functional based tight-binding**  
Symposium on size selected clusters, Brand, Österreich,  
27.02.-04.03.2005
- Koskinen, P.; Häkkinen, H.; Seifert, G.; Moseler, M.  
**Small gold clusters with density functional based tight-binding**  
Trends in Nanoscience: Structure and Functions, Kloster Irsee,  
08.-12.10.2005
- Kraft, T.  
**Optimierung von Sinterverzügen durch Computersimulation**  
Kolloquium des SFB 570,  
Universität Bremen, 10.3.2005
- Kraft, T.; Henrich, B.; Moseler, M.; Riedel, H.  
**Multiscale modelling and simulation of sintering**  
4<sup>th</sup> Int. Conf. on Science, Technology and Applications of Sintering, Grenoble, Frankreich,  
30.8.2005

- Kraft, T.  
**Schneller zum Bauteil durch Simulationstechniken**  
Schulungsprogramm Keramische Hochleistungswerkstoffe des Fraunhofer-Demonstrationszentrums AdvanCer, Block III, Freiburg, 28.9.2005
- Kraft, T.; Riedel, H.; Zeilmann, C.; Schwanke, D.  
**Einfluss des Layouts auf das Versagen von BGAs**  
Deutsche IMAPS-Konferenz 2005, München, 11.10.2005
- Kraft, T.  
**Results of Case Study 2 and 3**  
Dienet Thematic Workshop 9, Freiburg, 10.02.2005
- Krause, M.; Petzold, M.; Grau, P.  
**Mechanical characterization of lead-free solders in FCIP devices**  
6<sup>th</sup> European Symposium on nano-mechanical Testing, Hückelhoven, 30.08.-01.09.2005
- Löschner, K.; Kiesow, A.; Heilmann, A.; Abdolvand, A.; Seifert, G.  
**Laser-induced periodic structures in plasma polymer films with embedded metal nanoparticles**  
69. Jahrestagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Berlin, 04.-09.03.2005
- Löschner, K.; Kiesow, A.; Heilmann, A.; Dyrba, M.; Abdolvand, A.; Podlipensky, A.; Seifert, G.  
**Anisotropic properties of laser-irradiated metal nanoparticle-containing plasma polymer films**  
2<sup>nd</sup> International Workshop on Polymer/Metal Nanocomposites, Geesthacht, 26.-27.09.2005
- Löschner, K.; Buchfink, R.; Kiesow, A.; Heilmann, A.  
**Thermally induced structure changes and their influence on the optical properties of noble metal nanoparticles in a polymer matrix**  
2<sup>nd</sup> International Workshop on Polymer/Metal Nanocomposites, Geesthacht, 26.-27.09.2005
- Luke, M.  
**Überblick über den bruchmechanischen Festigkeitsnachweis nach FKM-Richtlinie**  
Weiterbildungsseminar für das Eisenbahn-Bundesamt, Universität der Bundeswehr München, München, 19.-23.09.2005
- Luke, M.  
**Crashverhalten von Eisenbahnkomponenten**  
Weiterbildungsseminar für das Eisenbahn-Bundesamt, Universität der Bundeswehr München, München, 19.-23.09.2005
- Luke, M.  
**Einführung in die linear-elastische Bruchmechanik**  
Vorlesung Schadenskunde, Hochschule Aalen, Aalen, 14.04.2005 und 20.10.2005
- Luke, M.  
**Werkstoffcharakterisierung für die Crashbewertung**  
Tech-Day, AUDI AG, Ingolstadt, 01.07.2005
- Manns, P.  
**Heißformgebung von optischen Komponenten aus anorganischen Gläsern**  
Fachausschuss I der DGG, Mainz, 20.10.2005
- Mohrmann, R.  
**Stand und Perspektiven der Simulation von thermo-zyklischen Belastungen**  
DGM-AK Mechanisches Werkstoffverhalten bei hoher Temperatur, Magdeburg, 05.10.2005
- Mohrmann, R.; Seifert, T.; Höll, H.  
**Simulation der TMF-Lebensdauer von Salzbadexperimenten mit einem viskoplastischen Stoffgesetz**  
28. Vortragsveranstaltung des Stahlinstituts VDEh, Düsseldorf, 25.11.2005
- Moseler, M.  
**Multiskalen-Material-Modellierung von Schicht- und Tribosystemen**  
BMW AG, München, 02.02.2005
- Moseler, M.  
**Multiskalen-Modellierung von Tribosystemen**  
DaimlerChrysler, Stuttgart, 15.02.2005
- Moseler, M.  
**Multiskalen-Material-Modellierung von Schicht- und Tribosystemen**  
BMW AG, München, 22.02.2005
- Moseler, M.  
**Electronic and Geometric Structure of Supported Clusters**  
DFG SPP 1153, Bad Honeff, 23.02.2005
- Moseler, M.  
**The oxidation of gasphase and metal-oxide supported palladium cluster**  
Theoretisch-Chemischens Kolloquium, Ruhr-Universität Bochum, 28.06.2005
- Moseler, M.; Mrovec, M.; Gumbsch, P.  
**Structure and smoothness of diamond-like carbon**  
Bonding and Structure – theory and applications, Oxford, United Kingdom, 07.-09.07.2005
- Moseler, M.  
**Atomistische Simulation und Modellierung von CNT**  
Kickoff-Meeting der MAVO Carnak, Würzburg, 14.07.2005
- Moseler, M.  
**Oxidation of supported palladium cluster leads to the ultimate limit of epitaxy with a catalytic function**  
Clustertreffen 2005, Bad Herrenal, 11.09.2005
- Moseler, M.  
**Multiskalenmodellierung von DLC**  
14. FMF Kollquium, Titisee Neustadt, 06.10.2005
- Mrovec, M.; Elsässer, C.  
**Atomistic modelling of interactions between lattice dislocations and grain boundaries in body-centered cubic transition metals**  
DPG Tagung, Berlin, 04.-09.03.2005
- Mrovec, M.; Elsässer, C.  
**Atomistic Simulation of growth of amorphous C:H films**  
Engineering at the Nanoscale, Dechema, Frankfurt, 07.-09.03.2005

- Mrovec, M.; Elsässer, C.; Gumbsch, P.  
**Atomistic modelling of interactions between dislocations and grain boundaries in body-centered cubic transition metals**  
2005 MRS Spring Meeting, San Francisco, USA, 28.03.-01.04.2005
- Mrovec, M.; Elsässer, C.  
**Atomistic simulation of growth of amorphous C:H films**  
2005 MRS Spring Meeting, San Francisco, USA, 28.03.-01.04.2005
- Mrovec, M.; Albina, J.-M.; Elsässer, C.; Meyer, B.  
**Schottky barriers at atomically sharp film-electrode interfaces in metal/SrTiO<sub>3</sub>/metal capacitors**  
International Workshop on Integrated Electroceramic Functional Structures, Berchtesgaden, 06.-08.06.2005
- Mrovec, M.; Albina, J.-M.; Elsässer, C.; Meyer, B.  
**Schottky barriers and band offsets at perovskite interfaces**  
PSI-K2005 Conference, Schwäbisch Gmünd, 17.-21.09.2005
- Neubrand, A.; Poizat, C.; Westerheide, R.  
**Knowledge-based multifunctional material for durable and safe performance at the Fraunhofer IWM**  
1st Workshop on KMM-NoE, Seeheim, 23.-25.01.2005
- Ocenasek, J.; Rodriguez Ripoll, M.  
**Multi-grain finite element model for studying the wire drawing process**  
International Conference on »Micromechanics and Microstructure Evolution: Modeling, Simulation and Experiments«, Madrid, Spanien, 15.09.2005
- Ocenasek, J.; Rodriguez Ripoll, M.; Weygand, S. M.; Riedel, H.  
**A finite element model for wire drawing of polycrystalline tungsten wires with crystallographic texture**  
International Workshop on Computational Mechanics of Materials, Düsseldorf, 19.09.2005
- Pfannmöller, M.; Müller, S.; Rothe, U.; Teuscher, N.; Thormann, A.; Heilmann, A.  
**Inner Wall Functionalizing of Nanoporous Alumina Membranes by Monomolecular Archaeobacterial Tetraether Lipid Films**  
2<sup>nd</sup> International Symposium on Complex Materials, Stuttgart, 02.-03.06.2005
- Petzold, M.  
**Mikrostrukturelle Analyse von Drahtbond- und Flip Chip-Kontaktierungen, Trends in der Aufbau- und Verbindungstechnik der Elektronik**  
Workshop Materials Valley e.V., Hanau, 17.03.2005
- Petzold, M.  
**Mikrostrukturelle Bewertung von Drahtbond- und Flip Chip-Kontaktierungen**  
Oberseminar des Instituts für Aufbau- und Verbindungstechnik der TU Dresden, Dresden, 22.04.2005
- Petzold, M.; Berthold, L.; Cismak, A.; Wohlfart-Zhou, J.; Schaller, H.-G.  
**An Electron Microscope Study of the in situ Interaction between CaF<sub>2</sub>-Like Presipitates and Dental Enamel Surfaces**  
52<sup>nd</sup> Annual ORCA Congress, Indianapolis, USA, 06.-09.07.2005
- Petzold, M.; Knoll, H.; Schischka, J.; Berthold, L.; Schneider-Ramelow, M.; Ferber, A.; Wohnig, M.; Rudolf, F.  
**Influence of Material Properties on Thermosonic Wire Bonding at Reduced Process Temperatures**  
Euromat 2005, Prag, Tschechische Republik, 05.-08.09.2005
- Pfeiffer, W.  
**PVD- und PECVD Beschichtungen für tribologische, optische und medizinische Anwendungen**  
Fachmesse Industrie und Elektronik (i+e), Freiburg, 28.01.2005
- Pfeiffer, W.  
**Charakterisierung und Bewertung der Festigkeitseigenschaften bearbeiteter Oberflächen keramischer Komponente**  
Schulungsprogramm des Fraunhofer-Demonstrationszentrums AdvanCer, IPT, Aachen, 22.06.2005
- Pfeiffer, W.  
**Verschleißschutzschichten – Leistungssteigerung durch maßgeschneiderte Oberflächen**  
Fraunhofer-Forum Südlicher Oberrhein, Lahr, 14.11.2005
- Al-Rawi, R.; Westerheide, R.; Stockmann, J.  
**Keramikverschraubungen**  
Arbeitskreis Hartbearbeitung, Berlin, 13.10.2005
- Riedel, H.  
**Numerical simulation of forming processes**  
Malabar Christian College, Calicut, India, 10.01.2005
- Riedel, H.; Krasowsky, A.; Walde, T.; Andrieux, F.  
**Werkstoffmodelle für die Umformsimulation – Walzen, Tiefziehen, Presshärten**  
Seminar IzfP, Saarbrücken, 14.02.2005
- Riedel, H.; Andrieux, F.; Sun, D.-Z.; Walde, T.  
**Verhalten von Poren und Rissen bei Umformprozessen**  
Abschlusskolloquium DFG-SPP Erweiterung der Formgebungsgrenzen bei Umformprozessen, Aachen, 03.05.2005
- Riedel, H.  
**Simulation pulvertechnologischer Prozesse: Modelle und Anwendungsbeispiele**  
Seminar »Simulation pulvertechnologischer Prozesse SFB mikro urformen«, Karlsruhe, 21.02.2005
- Rodriguez Ripoll, M.; Weygand, S. M.; Brontfeyn, Y.; Riedel, H.  
**Uniaxial high temperature tests on tungsten wires**  
»Size-Dependent Mechanical Properties« Workshop, Lorentz Center, Leiden, Niederlande, 02.03.2005
- Santer, M.; Cupelli, C.; Moseler, M.; Henrich, B.  
**Nano scale wicking studied with meso particle methods**  
DFG SPP 1153, Bad Honeff, 23.02.2005

- Schindler, R.; Hermle, M.; Kleer, G.; Kohn, C.; Lautenschlager, H.; Reis, I.E.; Willeke, G.  
**Thin large area solar cells**  
20<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference, Barcelona, Spanien, 06.-10.06.2005
- Schmitt, W.; Benevolenski, O.; Walde, T.; Krasowsky, A.  
**Material characterization for simulation of sheet metal forming**  
Barcelona, Spanien, 05.-07.09.2005
- Schwan, S.; Fritzsche, M.; Prüfer, D.; Heilmann, A.; Spohn, U.  
**Micromechanical investigation of chemomechanical P-proteine aggregates (Forisomes) from Vicia Faba**  
NanoBionics III, Rauschholzhausen, 04.-08.04.2005
- Schwan, S.; Cismak, A.; Spohn, U.; Heilmann, A.  
**Mikromechanische Messungen an mechano-chemischen Proteinaggregaten**  
nanoMat - 6. Szene, Netzwerk Nanomaterialien, Netzwerk Nanomaterialien, Geschäftsstelle Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe, 07.-08.04.2005
- Schwan, S.; Cismak, A.; Spohn, U., Heilmann, A.; Katzer, D.  
**Messung der Kraftwirkung an mechano-chemischen Proteinaggregaten**  
3. Innovationskongress Chemie und Biotechnologie, Dresden, 27.-28.04.2005
- Schwan, S.; Spohn, U.; Heilmann, A.  
**Electron microscopic and mechanical investigation of bioresorbable scaffold materials**  
2<sup>nd</sup> World Congress on Regenerative Medicine, Leipzig, 18.-20.05.2005
- Schwan, S.; Junghans, F.; Fechner, P.; Kiesow, A.; Spohn, U., Heilmann, A.  
**Electron microscopic investigation of biocompatible and bioresorbable materials and films**  
2<sup>nd</sup> World Congress on Regenerative Medicine, Leipzig, 18.-20.05.2005
- Schwan, S.; Cismak, A.; Spohn, U.; Heilmann, A.  
**Micromechanical measurements on mechano-chemical proteins**  
NanoBio-Europe, Münster, 22.-24.09.2005
- Seelig, Th.  
**Computational modelling of deformation mechanisms in thermoplastic microlayer composites**  
10. Problemseminar Deformation und Bruchverhalten von Kunststoffen, Merseburg, 23.-25.02.2005
- Seelig, Th.; van der Giessen, E.; Pijnenburg, K.G.W.  
**Modelling crack tip plasticity in ABS-materials**  
4. Int. Conference on Fracture of Polymers, Composites and Adhesives, Les Diablerets, Schweiz, 11.-14.09.2005
- Seifert, T.  
**Simulation von Eindruckversuchen an Schicht-Substrat-Systemen**  
AWT DGM, Fachausschuss Härteprüfung, Dresden, 14.04.2005
- Siegele, D.  
**Verbesserte Bewertung des Einsatzverhaltens von geschweißten Fahrzeugkomponenten aus Aluminium**  
Seminar: Innovative und nutzerfreundliche Produkte, ergonomische Konstruktionen, gefertigt aus neuen Werkstoffen, Siegen, 13.06.2005
- Siegele, D.  
**Determination of residual stresses in multipass weldments of high strength steels with experimental and numerical techniques**  
4. German-Japanese Seminar »Materials, Processes and Components«, Universität Karlsruhe, 07.-08.07.2005
- Sommer, S.; Sun, D.-Z.  
**Modelling of crash behaviour of spot welds**  
4. German-Japanese Seminar »Materials, Processes and Components«, Universität Karlsruhe, 07.-08.07.2005
- Sun, D.-Z.; Andrieux, F.  
**Material models for deformation and fracture behaviour of aluminium foams**  
MetFoam 2005, 4. Int. Conference on Porous Metals and Metal Foaming Technology, Kyoto, Japan, 21.-23.09.2005
- Varfolomeyev, I.  
**Fehlerbewertung in dünnwandigen Aluminiumstrukturen**  
Sitzung DVM AG Instrumentierte Anwendungen der Bruchmechanik, München, 25.-26.01.2005
- Vitek, V.; Mrovec, M.  
**Bond-order potentials in dislocations studies**  
D.G. Pettifor 60th birthday meeting, Oxford, United Kingdom, 07.-09.07.2005
- von Hartrott, Ph.; Mohrmann, R.; Seifert, T.  
**Zur Absicherung von Verformungsmodellen durch Kriechversuchen mit niedrigen Spannungen**  
28. Vortragsveranstaltung des Stahlinstituts VDEH, Düsseldorf, 25.11.2005
- Walde, T.; Riedel, H.  
**Modellierung der Textur- und Anisotropieentwicklung bei der Magnesiumlegierung AZ31**  
Seminar, GKSS, Geesthacht 24.02.2005
- Walde, T.; Riedel, H.; Schmidt, Ch.; Kawalla, R.  
**Gekoppelte Simulation der Verformungs- und Rekristallisationstexturentwicklung bei der Halbwarmumformung von Magnesiumlegierungen**  
DFG-Ergebniskolloquium zum SPP 1168, Bonn, 21.04.2005
- Walde, T.; Krasowsky, A.; Poizat, C.; Andrieux, F.; Riedel, H.  
**Werkstoffmodelle für die Umformsimulation – Walzen, Tiefziehen, Presshärten**  
Seminar, RWTH Aachen, Institut für bildsame Formgebung, Aachen, 02.06.2005
- Westerheide, R.  
**Keramik ein Werkstoff mit Zukunft – Aufbau und Eigenschaften**  
Seminar MSTI, Passau, 21.02.2005 und Köln 30.05.2005
- Westerheide, R.  
**Eigenschaften keramischer Hochleistungswerkstoffe**  
Schulungsprogramm des Fraunhofer-Demonstrationszentrums AdvanCer, Dresden, 15.03.2005
- Westerheide, R.  
**Keramik- Übersicht zu Werkstoffeigenschaften und Herstellung**  
Schulungsprogramm des Fraunhofer-Demonstrationszentrums AdvanCer, Freiburg, 27.09.2005
- Westerheide, R.  
**Festigkeit keramischer Werkstoffe**  
VDI-Seminar, Dresden, 29.11.2005
- Weygand, S.  
**Deformation and fracture in tungsten wires during drawing**  
Workshop »Size-dependent mechanical properties«, Lorentz Center, Leiden, Niederlande, 28.02.-04.03.05
- Wonisch, A.; Kraft, T.; Moseler, M.  
**Mesopartikel-basierte Simulation des Foliengießens von Keramiken**  
DKG-Jahrestagung, Selb, 11.10.2005

## Mechanische Prüfung

- Servohydraulische und elektro-mechanische Prüfmaschinen für Prüfkraft bis 8 MN mit Prüfkammern von 80 bis 2 500 K
- Schnellzerreißmaschinen bis 100 kN und Abzugsgeschwindigkeiten bis 20 m/s
- Rohrprüfstände für Langzeit- und Innendruckversuche bei Temperaturen bis 750 °C, zum Teil mit Wechsellast-Einrichtungen zur Überlagerung von axialem Zug und Druck
- Spannfeld für Bauteilprüfungen
- Innendruckprüfeinrichtungen bis 1 600 bar und 1 000 K
- Pendelschlagwerke von 1 J bis 750 J
- Fallgewichtsanlagen bis 7 000 J
- Dauerfestigkeitsprüfanlagen
- Keramik-Zeitstandlabor
- Korrosionsprüfstände
- Induktive Erwärmungsanlagen
- Kugellagerprüfstand
- Wälz- und Gleitverschleißprüfstände
- Hochgeschwindigkeits-Gleitringdichtungsprüfstand
- Reibungs-Messeinrichtung
- Dynamische mechanische Analyse (DMA)
- Mikrohärte-Messeinrichtung
- Scanning Scratch Test
- Klima- und Temperaturprüfkammern
- Triaxialpresse bis 7 000 bar
- Nanoindentor
- Rücksprunghärte Equotip
- Registrierender Eindruckversuch bis 600 °C
- Versuchsstände zur thermomechanischen Ermüdung bis 1100 °C

## Strukturanalyse

- Röntgenbeugungsanlagen für Spannungsmessung, Phasen- und Texturanalyse und Teilchengrößenbestimmung mit Hochtemperatureinrichtung bis 2 300 K und Dünnschichtanalyse-Zusatz
- Mobile Diffraktometer für Eigenspannungsanalysen
- Mikrodiffraktometer mit lateraler Auflösung von 50 µm
- Bohrlochverfahren für tiefenauflösende Eigenspannungsanalysen
- Hochgeschwindigkeits- und IR-Kameras
- Rasterelektronenmikroskopie mit Röntgenanalysesystemen (EDX)
- Licht- und Steromikroskopie inkl. Dunkelfeld, DIK und Heitzisch
- Plasmaätzenanlage
- Bedampfungs-/ Sputteranlagen
- Dilatometer bis 2000 °C
- Wasserstoffanalysator inkl. Temperierkammer
- Dichte- und Porositäts-Mess-einrichtungen
- Jominy-Versuchsstand
- Quantitatives Bildanalysesystem (Image C; Matan; IMES)
- Rauigkeits-Messeinrichtung

## Verfahrenstechnik

- Plasma-CVD-Beschichtungsanlagen
- Sputteranlagen
- DC-Trioden-Beschichtungsanlage
- Hochfrequenz-Magnetron-Bias-Beschichtungsanlage
- Ionenstrahlbeschichtungsanlage
- Ionenstrahlunterstützte Elektronenstrahlverdampfungsanlage
- PVD-Beschichtungsanlagen
- Reinraum der Klasse 1000
- Blankpressanlage für präzisionsoptische Bauteile aus anorganischem Glas
- Pressanlage für Heißprägen von Glas
- Hochpräzisions-Dreh- und -Fräsmaschinen
- Spezielle Trenntechnik für Faserverbunde, Halbleiterwerkstoffe, Metalle und keramische Werkstoffe
- Laserschneidanlage zum thermischen Trennen von Glas
- Glasschmelz- und -pressanlage
- DC-Plus-Beschichtungsanlage

## Numerische Simulation

- Vernetzte Hochleistungs-Workstations und Linux-Cluster
- Software-Pakete: ABAQUS, ANSYS, Fitit, HYPERMESH, PAM-CRASH, LS-DYNA, PATRAN, PSU, SYSWELD

## Mechanische Prüfung

- Servohydraulische und elektro-mechanische Prüfmaschinen für Prüfkräfte bis 250 kN mit temperierten Prüfkammern
- 3D-optisches Dehnungsmesssystem ARAMIS (Highspeed)
- Speckle-Interferometer zur berührungslosen Verformungs- und Vibrationsanalyse (ESPI, Vibro-ESPI)
- Zweistrahl-Laserextensiometer zur berührungslosen Verformungsmessung
- Pendelschlagwerk
- Zeitstandsapparaturen
- Klima- und Temperaturprüfkammern
- Mikrohärte- und Ultramikrohärte-Messeinrichtungen
- Spezielle Prüftechnik für mikro-mechanische Komponenten
- Dynamische mechanische Analyse (DMA, Rheovibron)
- In-situ-Verformungseinrichtungen für Raster- und Transmissions-Elektronenmikroskope
- Mikrooptischer Kraftmessplatz mit Manipulationseinrichtungen

## Strukturanalyse

- Transmissionselektronen-mikroskop (STEM)
- HR- und UHV-Rasterelektronen-mikroskope mit Röntgenanalyse-systemen (EDX)
- Atmosphärisches Rasterelektronenmikroskop (ESEM)
- Rasterkraftmikroskop (AFM)
- Fokussierende Ionenstrahl-lagen (FIB) mit integriertem Rasterelektronenmikroskop und Elektronenstrahlbeugungs-analyse (EBSD)
- Ultraschallmikroskop (SAM)
- Quantitatives Bildanalysesystem (Analysis)
- UV/VIS-Spektrometer
- IR-Thermokamera mit Lock-in-System
- Infrarot-Spektrometer
- Optische Interferometer
- Lichtmikroskope mit Heiztisch
- Automatischer elektrischer Messplatz für Messungen im Picoamperebereich
- Rheometer zur Viskositätsbestimmung von Polymer-schmelzen
- Wärmeleitfähigkeitsmessung
- Hochdruckkapillarviskosimeter
- Differenzielle Kalorimetrie (DSC)
- Kontaktwinkelmessung
- Rheometer und Messeinrichtung zur Bestimmung Mold flow index

## Verfahrenstechnik

- Industriekompatible Profil-Direkt-Extrusionsanlage
- Gleichlaufender Laborextruder
- Doppelschneckenextruder
- Heizabschlag-Granuliersystem
- Schredder und Schnellmischer
- Flamm-spritz-einrichtung
- Trenntechnik für Faserverbundwerkstoffe
- Rückseitenpräparation für mikroelektronische Bauelemente
- Plasma-CVD-Beschichtungsanlagen
- PVD-Beschichtungsanlagen
- Nasschemische Beschichtungsanlagen (Spin-Coating, Rakelbeschichtung)
- Präzisionsfräsmaschine
- Laminierpresse

## Numerische Simulation

- Vernetzte Hochleistungs-Workstations
- Software-Pakete: ABAQUS, ANSYS, ATHENE, OREAS



# Anfahrt

## Fraunhofer IWM Freiburg

### Auto

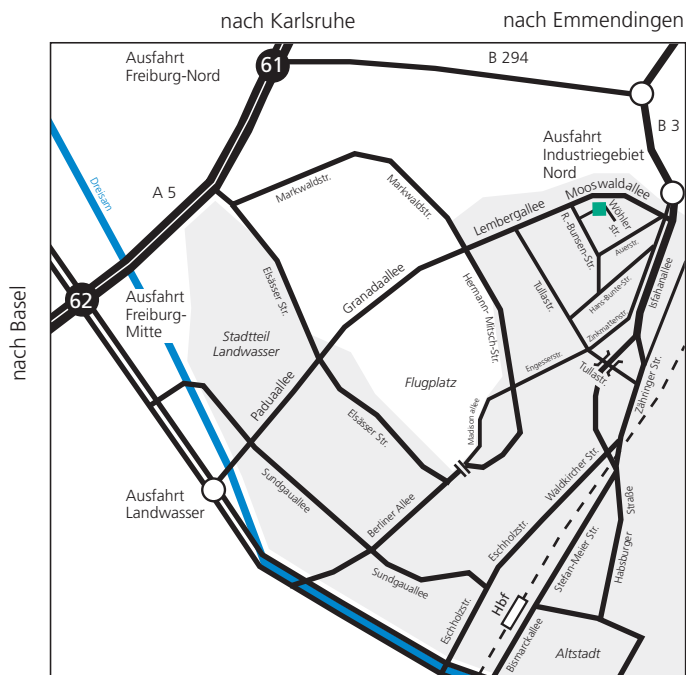
- Autobahnausfahrt Freiburg Mitte, B31 Richtung Freiburg, Donaueschingen, Abfahrt Richtung Offenburg, nach 3 km rechts Richtung »TÜV, Großmarkt«, erste Möglichkeit links, Wöhlerstraße
- Autobahnausfahrt Freiburg Nord, B294 Richtung Freiburg, Abzweigung B3 Richtung Freiburg, nach 1 km rechts Richtung »Lörrach, Industriegebiete« an der Ampelkreuzung geradeaus, Mooswaldallee, nächste Ampel links Richtung »TÜV, Großmarkt« erste Querstraße links, Wöhlerstraße

### Bahn

ICE-, IC- und EC-Züge im Stundentakt bis Freiburg-Hbf.; von hier mit dem Taxi, Fahrzeit ca. 10 Minuten

### Flugzeug

Flughafen Basel / Mülhausen / Freiburg oder Strassburg; ca. eine Autostunde zum Institut



Freiburg

■ Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM

## Fraunhofer IWM Halle

### Auto

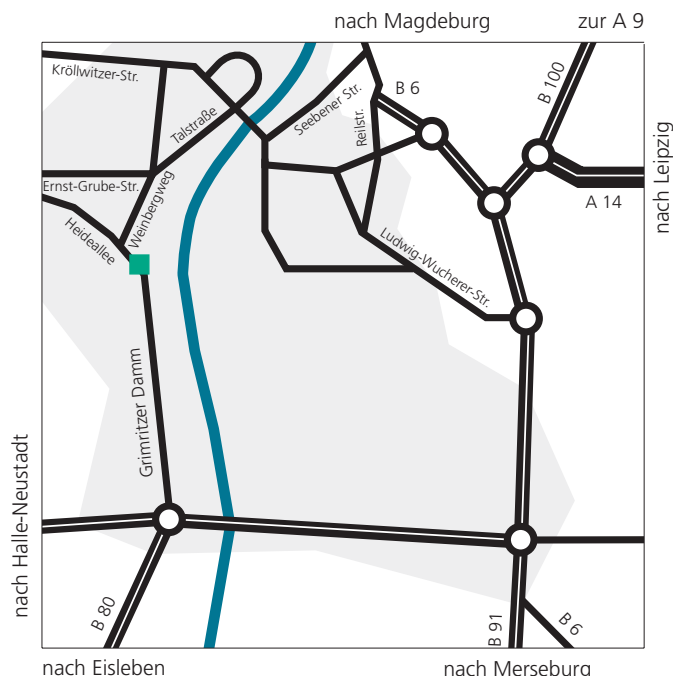
- von Norden / Osten: von der A14 von der Ausfahrt Halle-Peißen in Richtung Halle-Zentrum fahren, am Riebeckplatz (Kreisverkehr) in Richtung Eisleben abbiegen, auf der Stadtmagistrale (Hochstraße) hinter der Saalebücke rechts Richtung Universität/ Weinbergweg wählen, der Gimritzer Damm geht über in die Heideallee, das Institut liegt nach der Straßenteilung gleich rechts
- von Süden / Westen: von der A9 am Kreuz Rippachtal über die A38 bis Dreieck Halle-Süd auf die A143 bis zur Ausfahrt Halle-Neustadt/ Halle-Zentrum fahren, dann ca. 8 km auf der B80 in Richtung Halle bis zum Rennbahnkreuz, geradeaus weiter Richtung Peißenitz fahren, weiter gerade aus der Ausschilderung Universität / Weinbergweg folgen, der Gimritzer Damm geht über in die Heideallee, das Institut liegt nach der Straßenteilung gleich rechts

### Bahn

ab Halle Hbf. mit der Straßenbahn Linie 5 Richtung Heide (Fahrzeit ca. 20 min)

### Flugzeug

Flughafen Halle-Leipzig, mit Intercity oder S-Bahn nach Halle Hbf. dann mit der Straßenbahn Linie 5 Richtung Heide, Haltestelle Weinbergweg (Gesamtfahrzeit ca. 40 min)



Halle

■ Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM

# Impressum

## **Redaktion**

Thomas Götz

## **Gestaltung und Produktion**

Thomas Götz

Dagmar Wedekind

## **Bildquellen**

Titelseite:

Dagmar Wedekind

Seite 2, 27, 33, 45, 53:

Margrit Müller

Seite 39, 59:

Egbert Schmidt

Seite 55:

Sigrid Gombert

Seite 9 rechts, Seite 64:

Fraunhofer IAP

Alle übrigen Abbildungen:

Fraunhofer IWM

## **Druck**

M & S Druckservice

## **Anschrift der Redaktion**

Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM

Öffentlichkeitsarbeit

Wöhlerstraße 11

79108 Freiburg

Telefon +49 (0) 7 61 / 51 42-1 53

Telefax +49 (0) 7 61 / 51 42-1 10

info@iwf.fraunhofer.de

www.iwf.fraunhofer.de

Alle Rechte vorbehalten.

Bei Abdruck ist die Einwilligung der

Redaktion erforderlich.

