

**Werkstoffe für eine  
ressourceneffiziente Gesellschaft**



**20 Jahre**  
Fraunhofer IWM  
in Sachsen-Anhalt

## INHALTSVERZEICHNIS

3	Editorial
4	Grußworte
	Das Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM
6	Das Profil des Fraunhofer IWM
8	Das Institut auf einen Blick
	Forschung und Entwicklung für die Praxis: Die Geschäftsfelder in Halle (Saale)
10	Forschung für den Mikrobereich – Komponenten der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik Drei Fragen an...
11	■ Achim Lindner, Micronas GmbH
13	■ Franz Schrank, austriamicrosystems AG
14	Polymere – Von Naturstoffkompositen bis zu Hochleistungsverbundwerkstoffen Drei Fragen an...
15	■ Timo Günzel, KraussMaffei Technologies GmbH
17	■ Benjamin Teich, CTC GmbH
18	Der besondere Werkstoff – Biologische und makromolekulare Materialien Drei Fragen an...
19	■ Dr. Christine Garbers, GABA International AG
21	■ Rainer Redmann, FilmoTec GmbH
23	■ Monika Lelonek, SmartMembranes GmbH
24	Neue Energie – Das Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik CSP Drei Fragen an...
25	■ Dr. Peter Wawer, Q.CELLS SE
27	■ Reiner Roghmann, DOW Olefinverbund GmbH
28	Eckpunkte der Entwicklung des Fraunhofer IWM
29	Leitthemen des Fraunhofer IWM in Halle (Saale) bis 2020
30	Die Fraunhofer-Gesellschaft
31	Impressum



## EIN RÜCKBLICK NACH VORN: 1992 - 2012 DAS FRAUNHOFER IWM IN SACHSEN-ANHALT

Sehr geehrte Damen und Herren,  
liebe Partner und Kunden des Fraunhofer IWM,

es begann als eine Ost-West-Geschichte: Nach der Wende dehnte die Fraunhofer-Gesellschaft ihre Forschungsaktivitäten in die neuen Bundesländern aus. Das Fraunhofer IWM in Freiburg und das Institut für Festkörperphysik und Elektronenmikroskopie der Akademie der Wissenschaften der DDR arbeiteten hier bereits zusammen, als das Fraunhofer IWM eine Art Partnerschaft übernahm. Ein sehr gutes Matching: Aus dem Akademie-Institut hervorgegangen, wurde im Juni 1991 die Außenstelle »Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen« in Halle gegründet. Mit nur 16 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, viel Engagement und einem tragfähigen Konzept zur Bewertung von Komponenten-, Bauteil- und Systemsicherheit, formte sich die fünfte Abteilung des Freiburger Mutterhauses.

Im Fokus der Arbeitsgruppe stand das Zusammenspiel von Mikrostrukturaufklärung, Modellbildung und Simulation, um ein tiefgehendes Verständnis werkstoffmechanischer Kenngrößen wie Lebensdauer und Zuverlässigkeit zu erhalten. Insbesondere neue Themen in der Mikrosystemtechnik, zum Beispiel die siliziumbasierte Batch-Technologie, waren von strategischer Bedeutung. Denn zunehmend entstand ein Wirtschaftsinteresse für die Bewertung der Zuverlässigkeit miniaturisierter Bauteile, für die es bis dato noch keine etablierten Verfahren gab. Forschungsstrategien – speziell im

Bereich der Fehlerdiagnostik – führten zu einem schnellen Wachstum, so dass am 1. Januar 1992 aus der Außenstelle ein offizieller zweiter Standort des Fraunhofer IWM wurde.

20 Jahre später ist die hallese Kompetenz in der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik auch von internationalen Industriepartnern nachgefragt. Konsequenz an den Bedürfnissen des Marktes ausgerichtet, forschen heute mehr als 180 Beschäftigte in wirtschaftlich und gesellschaftlich relevanten Bereichen wie der Automobilelektronik, der Mikroelektronik, der Mikrosystemtechnik, der Photovoltaik, der Biotechnologie, der Medizintechnik, der Polymerverarbeitung und dem Flugzeugbau.

Wir freuen uns, dass unsere Kunden und langjährigen Partner in dieser Broschüre einen Einblick in die Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IWM gewähren und uns mit guten Wünschen für die Zukunft begleiten.

Wir bedanken uns bei allen unseren Kunden für das Vertrauen über die letzten 20 Jahre und freuen uns auf eine erfolgreiche Zusammenarbeit in der Zukunft.

Ihr

Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn  
Institutleiter des Fraunhofer IWM Halle



Ganz herzlich gratuliere ich dem Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM in Halle zum 20-jährigen Bestehen. Es steht für eine ganz erstaunliche Erfolgsgeschichte und zwar in mehrfacher Hinsicht. Erstens etablierte sich das IWM Halle rasch. Zweitens expandierte und weitete es seine Forschungen kontinuierlich aus. Drittens ist seine Kompetenz seit vielen Jahren international gefragt. Und viertens ist das IWM Teil einer hoch angesehenen Wissenschaftsgesellschaft, deren Geschichte nicht erst 1991/92 begann, auch nicht 1949, als die Fraunhofer-Gesellschaft gegründet wurde, sondern schon sehr viel früher.

Den Grundstein legte Joseph von Fraunhofer. Als er 1787 in einfachen Verhältnissen als elftes Kind eines Glasermeisters in Straubing geboren wurde, deutete nichts auf seine spätere Karriere als herausragender Unternehmer, Forscher und Wissenschaftler hin. Heute trägt die größte Organisation für angewandte Forschungs- und Entwicklungsdienstleistungen in Europa seinen Namen.

Sie unterhält in Deutschland über 80 Forschungseinrichtungen. Mehr als zwei Drittel von ihnen sind Institute, darunter befindet sich das IWM in Halle. Die Geschichte des IWM Halle ist ein gutes Beispiel für eine erfolgreiche Ost-West-Kooperation. Aus dem Institut für Festkörperphysik und Elektronenmikroskopie der Akademie der Wissenschaften der DDR wurde im Juni 1991 die Außenstelle »Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen«, die bereits ein Jahr später in das Fraunhofer IWM in Freiburg integriert und zu dessen zweitem Standort wurde.

Begonnen hatte die Außenstelle mit 16 hoch motivierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Gut 20 Jahre später forschen am Institut in Halle mehr als 180 Beschäftigte in wissenschaftlich so relevanten Bereichen wie der Mikroelektronik, der Medizintechnik und der Biotechnologie. Sie sind Mitglieder einer beeindruckenden *scientific community*, die sich der Exzellenzforschung verpflichtet fühlt und viel zur wissenschaftlichen Reputation Sachsen-Anhalts beiträgt.

Unser Land braucht kluge Köpfe für Forschung und Entwicklung, und kluge Köpfe brauchen gute Rahmenbedingungen. Ihnen wollen wir auch künftig möglichst ideale Voraussetzungen bieten. Denn uns ist bewusst: Entscheidend für die Konkurrenzfähigkeit unserer Wirtschaft und den gesellschaftlichen Fortschritt ist die enge Kooperation und Verzahnung von Wissenschaft und Wirtschaft. Wesentliche Wachstums- und Wohlstandsimpulse gehen von Forschungs- und Entwicklungsunternehmen aus.

Das IWM in Halle trägt mit seiner hervorragenden wissenschaftlichen Infrastruktur entscheidend zur Konkurrenzfähigkeit des Wirtschafts- und Wissenschaftsstandortes Sachsen-Anhalt bei. Auf die Ideen, die Innovationen, das Können und die Erfolge des IWM in Halle bauen wir auch zukünftig. Wir können und wir wollen auf seine exzellenten Forschungen für die Praxis, von denen wir alle profitieren, nicht verzichten. Ich wünsche dem IWM Halle und seinen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern für die kommenden Jahre alles Gute.

Dr. Reiner Haseloff  
Ministerpräsident des Landes Sachsen-Anhalt



Wir von Fraunhofer sind es gewohnt, in die Zukunft zu blicken, denn angewandte Forschung ist darauf ausgerichtet, den Raum der Möglichkeiten zu erweitern. Wir messen uns am Markterfolg, und deswegen müssen wir wissen, was die Kunden morgen von uns erwarten.

Unser Blick in die Zukunft basiert auf der Kenntnis der Vergangenheit. So nutzen wir unser 60-jähriges Jubiläum zur Rückschau und lassen die Geschichte der Fraunhofer-Gesellschaft noch einmal an uns vorüberziehen; und wir sehen nach vorn und zeigen, mit welchem Engagement unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter Fraunhofer stets jung erhalten.

Die Fraunhofer-Story, das merkt man schnell beim Lesen der Chronik in dieser Broschüre, hat in Deutschland keine Parallele. Gegründet im Jahr 1949, bestand die Organisation in den ersten Jahren nur aus einer Handvoll Angestellten und einigen ehrenamtlich Tätigen. Damals war noch nicht abzusehen, dass sich die angewandte Forschung – und damit auch Fraunhofer – zu einer solchen Blüte entwickeln würde. Fünf Jahre nach der Gründung entstand das erste Fraunhofer-Institut, und mit dem Wirtschaftswunder stieg auch der Bedarf an industrienaher Forschung.

Nach einer wechselvollen Geschichte mit anhaltender Finanzknappheit gelang in den 1970er-Jahren der Durchbruch zur institutionellen Förderung durch Bund und Länder. Wichtiger Meilenstein war die Einführung einer neuen Art der Forschungsfinanzierung: Das »Fraunhofer-Modell« besagt im

Wesentlichen, dass für jeden Euro, den Fraunhofer mit Aufträgen verdient, der Staat einen Euro Grundfinanzierung beisteuert. So landet die staatliche Unterstützung genau dort, wo sie am effektivsten wirkt: in wirtschaftsrelevanten Projekten. Diese Finanzierung gab dem Wachstum der Fraunhofer-Gesellschaft einen gewaltigen Schub. Die Gründung oder Integration vieler anwendungsbezogener Forschungsinstitute führte schließlich zu unserer heutigen Größe. Der Blick auf die Märkte der Zukunft war stets eine Voraussetzung für den Erfolg. An diesem Prinzip hat sich nichts geändert, und das ist auch der Grund, warum sich Fraunhofer heute, mit 60 Jahren, so dynamisch wie nie zuvor präsentiert. Gerade im forschungsintensiven Hightech-Bereich verändern sich die Märkte immer schneller, und die Forschung an den Fraunhofer-Instituten hält nicht nur Schritt, sondern gibt meist sogar das Tempo vor. Am aktuellen technologischen Vorsprung vieler deutscher Unternehmen hat Fraunhofer erheblichen Anteil.

Damit das auch weiterhin so bleibt, investiert Fraunhofer zielgerichtet in Zukunftsthemen und baut Schlüsseltechnologien systematisch aus. 60 Jahre im Auftrag der Zukunft – das heißt für uns auch heute, Verantwortung zu übernehmen für den Standort Deutschland und als Motor für Innovation daran mitzuwirken, dass die heimische Wirtschaft stets von Neuem an Kraft und Dynamik gewinnt.

Prof. Dr.-Ing. Hans-Jörg Bullinger  
Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft

# DAS PROFIL DES FRAUNHOFER IWM

**WIR NUTZEN DIE NEUESTEN ERKENNTNISSE AUS WERKSTOFF-CHARAKTERISIERUNG UND MATERIALFORSCHUNG, UM DIE LEISTUNGSGRENZEN VON WERKSTOFFEN, BAUTEILEN UND FERTIGUNGSPROZESSEN ZU ERWEITERN. LASSEN SIE UNS GEMEINSAM EINE MASSGESCHNEIDERTE LÖSUNG FÜR IHRE FRAGESTELLUNG FINDEN.**

## DIE IWM-MISSION

Das Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM charakterisiert, simuliert und bewertet das Verhalten von Werkstoffen, Bauteilen und Systemen unter dem Einfluss äußerer Kräfte in unterschiedlichen Umgebungen. Für Unternehmen und öffentliche Auftraggeber erarbeitet das Fraunhofer IWM Lösungen, die die Sicherheit, Zuverlässigkeit, Lebensdauer und Funktionalität von technischen Bauteilen und Systemen verbessern. Damit leistet das Fraunhofer IWM wichtige Beiträge zur Wirtschaftlichkeit, Ressourcenschonung und Energieeffizienz und trägt somit zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei.

Das Fraunhofer IWM stellt an sich selbst höchste wissenschaftliche Anforderungen und ist in seinen Kernkompetenzen Werkstoff- und Bauteilcharakterisierung, Werkstoffmodellierung und Simulation sowie Grenzflächen- und Oberflächentechnologie führend.

## DER IWM-ANSATZ

- Das **Verhalten des Werkstoffs** unter technologie- oder einsatzbedingten mechanischen, thermischen, chemischen, elektrischen Belastungen analysieren und beherrschen.
- **Mechanismen** aufklären, bewerten und simulieren, die auf atomarer, mikrostruktureller oder makroskopischer Ebene in Werkstoffen ablaufen.
- **Lösungen** erarbeiten, um die Eigenschaften von Werkstoffen und Bauteilen für auftretende Belastungen optimal einzustellen und deren Leistungsfähigkeit vollständig auszuschöpfen.



**IWM-KERNKOMPETENZEN:  
LÖSUNGSKOMPETENZ FÜR WERKSTOFF-  
TECHNISCHE FRAGEN AUS ALLEN INDUSTRIEBEREICHEN**

**Werkstoff- und Bauteilcharakterisierung**

- Werkstoffcharakterisierung, Kennwertermittlung
- Bauteilprüfung und Schadensanalyse
- Mikrostrukturanalyse und Fehlerdiagnostik

**Werkstoffmodellierung und Simulation**

- Entwicklung und Anpassung von Werkstoffmodellen
- Breites Spektrum numerischer Methoden im Einsatz
- Simulation von Bauteilen und Fertigungsprozessen

**Grenzflächen- und Oberflächentechnologie**

- Randschichtbewertung und Tribologie
- Beschichtung und Funktionalisierung
- Bio- und Grenzflächenanalytik

**AUFTRAGGEBER DES FRAUNHOFER IWM**

- Maschinen- und Anlagenbau
- Automobilbau
- Schienenfahrzeugbau
- Flugzeugbau
- Werkstoff- und Halbzeughersteller
- Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik
- Photovoltaik
- Bio- und Medizintechnik
- Glastechnik
- Optik
- Polymertechnik
- Analytikhersteller

**DER KUNDENNUTZEN**

- Sicherheit, Zuverlässigkeit, Lebensdauer und Funktionalität von technischen Bauteilen und Systemen
- Höhere Qualität und Ausbeute in der Fertigung
- Neue Produkte, Prozesse und Verfahren
- Verbesserte Material- und Energieeffizienz
- Wirtschaftlichere Prozesse, Kostensenkung
- Vermeiden und Beherrschen von Defekten, Rissbildung, Verformung, Versagen, Verschleiß, Fehlverhalten, Ermüdung
- Entwicklung, Einsatz und Verarbeitung neuer Werkstoffe
- Neue Produkte mit neuen Funktionalitäten
- Entwicklung neuer Prozesse, Verfahren und Geräte

# DAS INSTITUT AUF EINEN BLICK

Institutsleiter und Sprecher der Institutsleitung  
 Prof. Dr. Ralf B. Wehrspohn  
 +49 345 5589-100  
 ralf.wehrspohn@iwmh.fraunhofer.de

Institutsleiter  
 Prof. Dr. Peter Gumbsch  
 +49 761 5142-100  
 peter.gumbsch@iwmh.fraunhofer.de

Stellvertretender Leiter Institutsteil Halle  
 Prof. Dr. Matthias Petzold  
 +49 345 5589-130  
 matthias.petzold@iwmh.fraunhofer.de

Leiter Institutsteil Freiburg  
 Dr. Rainer Kübler  
 +49 761 5142-213  
 rainer.kuebler@iwmh.fraunhofer.de

## INSTITUTSTEIL HALLE

GRUPPEN GESCHÄFTSFELDER

<b>Polymeranwendungen</b> Prof. Dr. Roland Weidisch +49 345 5589-430	<b>Biologische und makro- molekulare Materialien</b> Prof. Dr. Andreas Heilmann +49 345 5589-180	<b>Komponenten der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik</b> Prof. Dr. Matthias Petzold +49 345 5589-130
<b>Naturstoffkomposite</b> Dr. André Rapphel +49 345 5589-436	<b>Polymerfolien und Membranen</b> Prof. Dr. Andreas Heilmann +49 345 5589-180	<b>Bewertung mikroelektro- nischer Systemintegration</b> Prof. Dr. Matthias Petzold +49 345 5589-130
<b>Polymerbasierte Hochleis- tungsverbundwerkstoffe</b> Dr. Ralf Schäuble +49 345 5589-151	<b>Biofunktionale Oberflächen</b> Dr. Andreas Kiesow +49 345 5589-118	<b>Charakterisierung Mikrosysteme</b> Prof. Dr. Matthias Petzold (komm.) +49 345 5589-130
<b>Polymerbasiertes Materialdesign</b> Prof. Dr. Roland Weidisch +49 345 5589-430		<b>Diagnostik Halbleiter- technologien</b> Frank Altmann +49 345 5589-139

Kontakt per E-Mail: vorname.nachname@iwmh.fraunhofer.de  
 z.B.: ralf.schaeuble@iwmh.fraunhofer.de

## GEMEINSAM MIT ANDEREN FRAUNHOFER-INSTITUTEN BETRIEBENE FORSCHUNGSEINRICHTUNGEN

<b>Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik CSP</b> Prof. Dr. Jörg Bagdahn +49 345 5589-129 Dr. Peter Dold* +49 345 5589-428	<b>Fraunhofer Pilotanlagenzen- trum für Polymersynthese und -verarbeitung PAZ</b> Prof. Dr. Michael Bartke** +49 3461 2598-120
<b>Abteilung Zuverlässigkeit und Technologien für die Netzparität</b> Prof. Dr. Jörg Bagdahn	<b>Gruppe Polymerverarbeitung</b> Ivonne Jahn +49 345 5589-111
<b>Diagnostik Solarzellen</b> Dr. Christian Hagendorf +49 345 5589-179	<b>Polymersynthese</b> Dr. Ulrich Wendler** +49 3461 2598-210
<b>Modulzuverlässigkeit</b> Dr. Matthias Ebert +49 345 5589-117	
<b>Siliziumwafer</b> Prof. Dr. Jörg Bagdahn (komm.) +49 345 5589-129	
<b>Optische Materialien und Spektroskopie</b> Dr. Stefan Schweizer +49 345 5589-128	
<b>Modultechnologie</b> Dr. Jens Schneider +49 345 5589-402	
<b>Abteilung Labor für Kristallisationstechnologien</b> Dr. Peter Dold* +49 345 5589-428	

\* Fraunhofer ISE  
 \*\* Fraunhofer IAP

**Verwaltung**

Wolfgang Thielicke  
 +49 761 5142-111  
 wolfgang.thielicke@iwvm.fraunhofer.de

Thomas Merkel

+49 345 5589-420  
 thomas.merkel@iwvm.fraunhofer.de

**Qualitätsmanagement**

Elke Schubert  
 +49 761 5142-267  
 elke.schubert@iwvm.fraunhofer.de

**Personal**

Kerstin A. Drüsedau  
 +49 761 5142-140  
 kerstin.druesedau@iwvm.fraunhofer.de

**Öffentlichkeitsarbeit**

Thomas Götz  
 +49 761 5142-153  
 thomas.goetz@iwvm.fraunhofer.de

Jasmine Ait-Djoudi

+49 345 5589-213  
 jasmine.ait-djoudi@iwvm.fraunhofer.de

**INSTITUTSTEIL FREIBURG**

<b>Tribologie</b>  Prof. Dr. Matthias Scherge +49 761 5142-206 +49 721 4640-750	<b>Fertigungstechnologie</b>  Dr. Günter Kleer +49 761 5142-138	<b>Bauteilsicherheit</b>  Dr. Dieter Siegele +49 761 5142-116	<b>Prozess- und Werkstoff- bewertung</b>  Dr. Wulf Pfeiffer +49 761 5142-166
<b>Verschleißschutz, Technische Keramik</b> Dr. Andreas Kailer +49 761 5142-247	<b>Bearbeitungs- und Trennverfahren</b> Dr. Rainer Kübler +49 761 5142-213	<b>Anlagensicherheit, Bruchmechanik</b> Dr. Dieter Siegele +49 761 5142-116	<b>Mikrostruktur- und Schadensanalyse</b> Dr. Wulf Pfeiffer (komm.) +49 761 5142-166
<b>Biomedizinische Materialien und Implantate</b> Dr. Raimund Jaeger +49 761 5142-284	<b>Heißformgebung Glas</b>  Dr. Peter Manns +49 761 5142-135	<b>Crashsicherheit, Schädigungsmechanik</b> Dr. Dong-Zhi Sun +49 761 5142-193	<b>Ermüdungsverhalten, Eigenspannungen</b> Dr. Michael Luke +49 761 5142-338
<b>Tribologische Schichtsysteme</b>  Dr. Sven Meier +49 761 5142-233	<b>Funktionale Schichtsysteme</b>  Dr. Frank Burmeister +49 761 5142-244	<b>Lebensdauerkonzepte, Thermomechanik</b> Dr. Dieter Siegele (komm.) +49 761 5142-116	<b>Verbundwerkstoffe</b>  PD Dr. Jörg Hohe +49 761 5142-340
<b>Mikrotribologie</b> Prof. Dr. Matthias Scherge +49 761 5142-206 +49 721 4640-750	<b>Pulvertechnologie</b>  Dr. Torsten Kraft +49 761 5142-248		<b>Formgebungs- und Umformprozesse</b> Dr. Dirk Helm +49 761 5142-158
<b>Multiskalenmodellierung und Tribosimulation</b> Prof. Dr. Michael Moseler +49 761 5142-332	<b>Physikalische Werkstoff- modellierung</b> Prof. Dr. Christian Elsässer +49 761 5142-286		<b>Mikromechanische Beanspruchungsanalyse</b> Dr. Chris Eberl +49 761 5142-495

Kontakt per E-Mail: vorname.nachname@iwvm.fraunhofer.de

z.B.: christian.elsaesser@iwvm.fraunhofer.de

www.iwvm.fraunhofer.de

# FORSCHUNG FÜR DEN MIKROBEREICH – KOMPONENTEN DER MIKROELEKTRONIK UND MIKROSYSTEMTECHNIK

Defektlokalisierung per Lock-in-Thermografieverfahren

Im Bereich Komponenten der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik werden die Struktur-, Material- und Bauteileigenschaften von Bauelementen und Werkstoffen charakterisiert. Im Mittelpunkt des Leistungsangebots stehen die Analyse von Fehlern und Schwachstellen, die Bewertung mechanischer Eigenschaften und des Einsatzverhaltens von Mikrobauteilen sowie die Entwicklung von Diagnostik- und Prüfverfahren für Mikrodimensionen. In Zusammenarbeit mit Industriepartnern trägt das Fraunhofer IWM seit 1992 zur Optimierung von Technologieschritten bei der Herstellung mikroelektronischer Systeme und deren Zuverlässigkeit bei.

## Ein PROJEKT-HIGHLIGHT aus dem Fraunhofer IWM: Thermische Defektlokalisierung – Ein bewährtes Verfahren zur Fehlerdiagnose

Bei jeder technologischen Entwicklung in der Mikroelektronik können anfängliche Schwachstellen auftreten, die es bei der Überführung in die Fertigung zu überwinden gilt. Dazu müssen diese zunächst lokalisiert, diagnostiziert und die relevanten Prozessschritte optimiert werden.

Um auf einem Schaltkreis unter Millionen von Komponenten einem fehlerhaften Leiterbahnverhalten, einer beschädigten Diode oder einem kurzgeschlossenen Transistor auf die Spur zu kommen, setzt das Fraunhofer IWM das gemeinsam mit dem Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik Halle entwickelte Lock-in-Thermografieverfahren ein. Ein Leck in einem integrierten Schaltkreis verrät sich durch seine Wärmeabgabe. Mit dem infrarot-basierten Prüfverfahren können Temperaturerhöhun-

gen von nur einem Fünzigtausendstel eines Grades detektiert werden. Auf diese Weise werden Defekte lokalisiert, die nur ca. ein Hundertstel eines Haardurchmessers groß sind. Verglichen mit den bisher am Markt verfügbaren Methoden der Defektlokalisierung hat das Verfahren viele Vorteile: Es ist einfach einsetzbar, weist eine hohe Empfindlichkeit auf, erlaubt die Auffindung von Schwachstellen in Frühstadien und kann außer für Halbleiterwafer auch für verkapselte Bauelemente oder dreidimensional gestapelte Chips eingesetzt werden.

Um die Entstehung des Fehlers zu ergründen, wird das Bauteil mit Ionenstrahlen nanometergenau geöffnet und der Fehler im Querschnitt analysiert. Dies gibt Aufschluss über den verantwortlichen Fertigungsschritt, der nun optimiert werden kann. Ergebnisse sind eine verbesserte Fertigungsqualität sowie eine höhere Zuverlässigkeit der elektronischen Schaltkreise.

### Auszug aus dem Fraunhofer IWM-Leistungsspektrum

- Physikalische Fehleranalyse für die Halbleitertechnologie
- Fehlerdiagnostik und Materialbewertung für Verbindungstechnik und Systemintegration
- Verfahrensentwicklung zur Detektion, Zielpräparation und Analytik von Defekten sowie zur lokalen Eigenspannungsbestimmung im Nanometer-Bereich
- Festigkeits- und Lebensdauerbewertung von Sensoren und Aktuatoren der Volumen- und Oberflächenmikromechanik sowie wafergebundeter Systeme

## MICRONAS

*Micronas (SIX Swiss Exchange: MASN), ein weltweit operierender Halbleiterentwickler und -hersteller, ist ein führender Anbieter innovativer Sensor- und IC-Systemlösungen für die Bereiche Automobil- und Industrieelektronik. Micronas offeriert eine große Auswahl an Hall-Effekt-Sensoren und embedded Mikrocontrollern für Automobil- und Industrieanwendungen, beispielsweise für den Antriebsstrang sowie Motormanagement und Komfortfunktionen. Micronas zählt alle bedeutenden Hersteller der Automobilelektronik weltweit zu seinen Kunden. Sitz der Holding ist in Zürich (Schweiz), der operative Hauptsitz in Freiburg (Deutschland). Derzeit beschäftigt die Micronas Gruppe rund 900 Mitarbeiter. [www.micronas.com](http://www.micronas.com)*



## DREI FRAGEN AN...

Achim Lindner, Senior Manager Analysis Lab bei Micronas GmbH

Das Fraunhofer IWM Halle und der Halbleiterentwickler und -hersteller Micronas arbeiten seit vielen Jahren erfolgreich zusammen. Micronas bietet innovative Hall-Sensor-Lösungen, deren größtes Anwendungsfeld im Automotive-Bereich liegt. Ferner werden sie für industrielle Anwendungen, wie für Automatisierungssysteme zur Herstellung von Produktionsanlagen benötigt. Hall-Sensoren können ebenfalls im Bereich der Haushalts-elektronik eingesetzt werden – angefangen bei Waschmaschinen, über Wäschetrockner bis hin zur Heizungs- und Klimatechnik. Im Gespräch: Achim Lindner, Senior Manager Analysis Lab Quality bei Micronas.

### Wie kam es zur Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IWM Halle?

Die Zusammenarbeit geht bis in das Jahr 1991 mit der Freiburger Firma Intermetall zurück, die später von Micronas übernommen wurde. Schon damals zog man das Know-how vom Fraunhofer IWM heran, da für die Technologieentwicklung geeignete Analyseinstrumente und Konstruktionen benötigt wurden. 1998 übernahm ich die Technologieentwicklung, und es taten sich immer mehr Betätigungsfelder auf. Von der Technologieunterstützung bewegten wir uns hin zu Fragestellungen der Fehleranalytik von Bauteilen. Die Anforderungen wurden hier immer höher: Gerade in der Consumer-Elektronik werden die Bauteile zunehmend komplexer, während die Einzelkomponenten immer kleiner werden. Hinzu kommt, dass die Auflösungsgrenzen der Methoden ständig weiter gesteigert werden müssen, um auch kleinste Defekte zu finden.

### Was macht die Arbeit mit Fraunhofer aus?

Wir haben immer neue Fragestellungen, die sich aus neuen Produkten ergeben und neue Entwicklungen nach sich ziehen. Dafür brauchen wir Partner, die schnell mit uns ziehen. Zuerst sind natürlich das hervorragende Know-know und die Geräteausrüstung, die es ermöglichen, komplexe Fragestellungen

direkt und aus einer Hand zu klären, hervorzuheben. Ein Beispiel: Zunehmend werden Bauelemente, wie Speicher, dreidimensional aus gestapelten Einzelchips aufgebaut. Dadurch können Fehler tief im Inneren der Systeme auftreten, sind somit viel schwerer auffindbar im Vergleich zu Schäden auf einer Chipoberfläche. Dieser »Kleinheit« muss man habhaft werden, beispielsweise beim Wiederaufbau von Kristallen, die in kleinen Gehäusen ausgefallen sind. Aufgrund der geringen Größe können sie nicht im Gehäuse selbst analysiert, sondern müssen aus dem Verbund gelöst, untersucht und ohne Veränderung rückgeführt werden. Von der finiten Elemente-Simulation von Multichips über die Fehlerlokalisierung bis hin zu Lösungsansätzen bei Interface-Problematiken bei Bond-Mechanismen wird alles im Institut eingesetzt.

### Was schätzen Sie an der Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IWM?

Hier kommen wir zum zweiten Punkt: Neben dem erwähnten Know-how des Instituts kommt die sehr kurzfristige Projektbearbeitung in absolut kompetenten Teams hinzu. Unsere technologischen Herausforderungen sind, wenn Sie so wollen, kundengetrieben, und wir müssen schnell darauf reagieren. Das Fraunhofer IWM unterstützt uns in jeder Hinsicht und arbeitet an unseren Zukunftsthemen mit.

## FORSCHUNG FÜR DEN MIKROBEREICH KOMPONENTEN DER MIKROELEKTRONIK UND MIKROSYSTEMTECHNIK

Mikrochips

Für mikroelektronische Bauelemente, -gruppen und integrierte Systeme werden im Bereich der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik die an die Halbleitertechnologien anschließenden Aufbau- und Verbindungstechniken sowie die eingesetzten Substrat- und Gehäusematerialien bewertet. Die Bewertung erfolgt durch leistungsfähige Mikrostruktur-Analyseverfahren, mechanische Tests sowie Modellierungen des Materialverhaltens hinsichtlich Qualität und Einsatzverhalten. In Kooperation mit Herstellerfirmen trägt das Fraunhofer IWM dazu bei, Ausfallrisiken zu vermeiden und die Qualität mikroelektronischer Systemkomponenten zu sichern.

### Ein PROJEKT-HIGHLIGHT aus dem Fraunhofer IWM: ESiP - Efficient Silicon Multi-Chip System-in-Package Integration

2010 ist das ENIAC-Verbundvorhaben »ESiP« als eines der größten europäischen Vorhaben zur Höchstintegration und Miniaturisierung von mikroelektronischen Systemen gestartet. Gemeinsam mit führenden europäischen Halbleiterfirmen, Geräteherstellern, Industrieanwendern sowie Forschungsinstituten aus neun Ländern werden neue Verfahren für die Fehleranalyse und den elektrischen Test für zukünftige dreidimensional integrierte Systeme mit vertikalen Kontaktierungen (TSV) und Wafer Level Packages entwickelt. Im Mittelpunkt des Projektes stehen einheitliche, von der Industrie akzeptierte Fehleranalyse-, Lokalisierungs- und Präparationsverfahren für hochkomplexe System-in-Package-Bauelemente (SiP). Ziel ist die Zusammenführung unterschiedlicher methodischer Ansätze für Lebensdauer- und Temperatur-Testmodelle der SiPs, wie sie die Automobilzulieferer, die Medizintechnik und Gerätehersteller fordern.

SiP-Technologien sind Basistechnologien für heutige und künftige mikroelektronische Systeme, die komplexe technische Lösungen wie Mikrokameras auf kleinstem Raum in einem Gehäuse ermöglichen. Dabei werden beispielsweise verschiedenartige Chips gestapelt (3D-Integration), miteinander intelligent verbunden und in ein funktionsgerechtes Chipgehäuse integriert. Für immer mehr Anwendungsfelder werden zukünftig Chips unterschiedlicher Fertigungstechnologien und Strukturbreiten in einem Chipgehäuse integriert sein. Das können ein in 45-Nanometer (nm)-Technologie gefertigter Spezialprozessor, ein Hochfrequenz-Sende-Empfängerchip in 90 nm-Technologie, Sensoren und passive Bausteine, wie miniaturisierte Kondensatoren oder Spezialfilter, sein.

In diesem Projekt kooperieren 40 Partner aus der EU u. a. Infineon Technologies AG, Siemens AG, Feinmetall GmbH, Cascade Microtech Dresden GmbH, austriamicrosystems.

#### Auszug aus dem Fraunhofer IWM-Leistungsspektrum

- Weiterentwicklung von Verfahren der mikrostrukturellen Diagnostik und Qualitätssicherung für neue Konzepte der Systemintegration
- Analyse von einsatz- und prozessbedingten Defektbildungen und Schädigungsmechanismen im Bereich der Aufbau- und Verbindungstechniken
- Entwicklungsbegleitende mikrostrukturelle Diagnostik für die Technologie- und Materialentwicklung von mikroelektronischen Bauelementen, Baugruppen und Systemen



Die austriamicrosystems AG zählt weltweit zu den führenden Unternehmen in der Entwicklung und Herstellung hoch integrierter analoger Schaltkreise (ICs). Der spezialisierte Halbleiteranbieter entwickelt und fertigt branchenführende Standard-Analogprodukte und kundenspezifische Lösungen. austriamicrosystems beschäftigt mehr als 1000 Mitarbeiter in Europa, Amerika und Asien. Sie verfügt über Produktions-, Entwicklungs- und Vertriebsstandorte u. a. in Österreich, Italien, Deutschland, Frankreich, Spanien, Finnland, Schweden, Großbritannien, der Schweiz, Japan, Singapur, Hongkong, China, Taiwan und Indien.

[www.austriamicrosystems.com](http://www.austriamicrosystems.com)



## DREI FRAGEN AN...

Franz Schrank, Project Manager 3D Integration,  
Principle Engineer Process R&D bei der austriamicrosystems AG

austriamicrosystems ist führend in der Entwicklung und Herstellung hoch integrierter analoger Schaltkreise (ICs). Die Hochleistungs-Analog-ICs werden für die Bereiche Power Management, Sensoren und Mobile Infotainment in den Märkten Consumer & Communications, Industrie- und Medizintechnik sowie Automotive entwickelt. Zudem betreibt das Unternehmen eine eigene Produktion in der technisch führenden 200mm (8")-Fabrikation. austriamicrosystems und das Fraunhofer IWM Halle arbeiten seit 2007 zusammen. Im Gespräch: Franz Schrank, Project Manager 3D Integration, Principle Engineer Process R&D.

### **Wie kam es zur Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IWM Halle?**

Unser erster Kontakt mit dem Fraunhofer IWM in Halle bahnte sich 2007 auf der Waferbond-Konferenz an. Im Rahmen dieser Konferenz führten wir erste Diskussionen mit Prof. Dr. Jörg Bagdahn. Unsere Zusammenarbeit intensivierte sich dann 2010 mit dem Start des Projekts »ESiP« – gemeinsam mit Prof. Dr. Matthias Petzold. Während der Vorbereitungsmeetings und in bilateralen Gesprächen lernten wir die technischen Möglichkeiten und das wissenschaftliche Know-how des Fraunhofer IWM kennen. Im weiteren Verlauf des Projektes konnten wir uns von der umfassenden Kompetenz von Fraunhofer überzeugen. Unter anderem wurden detaillierte Untersuchungen von Bruchfestigkeit von Silizium-Chips sowie Defektanalysen in Durchkontakten am Fraunhofer IWM in Halle für austriamicrosystems durchgeführt.

### **Was macht die Arbeit mit Fraunhofer aus?**

Fraunhofer hat auf dem Sektor der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik ein sehr gutes Know-how und hervorragende technische Analysemöglichkeiten. Gerade im Bereich der Analytik bietet das Institut in Halle ein umfangreiches Paket an methodischen und wissenschaftlichen Untersuchungsmöglichkeiten. Somit können Problemstellungen simultan bearbeitet werden. Zudem spricht die Erfahrung mit der Arbeitsweise der Industrie, die stets eine zeitnahe Umsetzung unter permanentem Zeitdruck erfordert, für Fraunhofer.

### **Was schätzen Sie an der Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IWM?**

Wir führen transparente, technische Diskussionen, und es findet stets ein offener Austausch mit den Teams am Fraunhofer IWM statt. Die Diskussionen sind nie eingleisig, jedwede Lösungsansätze werden in Betracht gezogen und gemeinsam mit dem Kunden besprochen. Wir sind immer in den Prozess eingebunden und informiert. Dazu sind die Diskussionen von einer sehr kompetenten und effizienten Herangehensweise geprägt.

# POLYMERE – VON NATURSTOFFKOMPOSITEN BIS ZU HOCHLEISTUNGSVERBUNDWERKSTOFFEN

Hohlkammerprofil

Das Geschäftsfeld Polymeranwendungen setzt auf Polymer-Eigenschaften wie Formbarkeit, Elastizität oder Bruchfestigkeit. Untersucht werden Schädigungsmechanismen, die Schadenstoleranz unter Einsatzbedingungen sowie thermoplastisch verarbeitbare Elastomere mit hoher Dehnbarkeit. Im Fraunhofer-Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und -verarbeitung PAZ, einer gemeinsamen Einrichtung des Fraunhofer IWM und des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Polymerforschung IAP, kann für die Kunden die komplette Entwicklungskette vom Materialdesign bis zum geprüften prototypischen Bauteil abgebildet werden.

## Ein PROJEKT-HIGHLIGHT aus dem Fraunhofer PAZ: Schwergewichte im Leichtbau – Forschung an faserverstärkten Kunststoffbaugruppen

Leichtbau und Langfaserverarbeitung, Elektromobilität und erneuerbare Energien – diese Trends stellen auch die kunststoffverarbeitende Industrie vor neue Herausforderungen. In vielen Branchen, allen voran in der Automobilindustrie und im Bereich der erneuerbaren Energien, sind hohe mechanische Festigkeiten bei gleichzeitig geringem Gewicht die geforderten Materialeigenschaften der Zukunft. Um eine hohe Lösungsqualität sicherzustellen, ist auch KraussMaffei auf Versuchsreihen mit spezifischer Unterstützung aus der Materialforschung angewiesen.

Hier setzt die fruchtbare Projektkooperation zwischen KraussMaffei und dem Fraunhofer PAZ in Schkopau an. Der Forschungsschwerpunkt des Fraunhofer PAZ liegt dabei auf der Polymertechnologie, der Entwicklung von neuen Materialien

wie Polymernanocomposites, Biopolymeren und Naturfasercomposites sowie Elastomeren. Unter diesem Dach von Forschung und Entwicklung hat KraussMaffei dem Fraunhofer PAZ eine Anlage zur schonenden Verarbeitung von Faserstoffen in thermoplastische Polymere für den Spritzguss zu Entwicklungszwecken – aber auch für Kundenvorfürungen – zur Verfügung gestellt.

»Die Standortwahl für das KraussMaffei Servicecenter in den neuen Bundesländern fiel ganz bewusst auf Schkopau. Für uns ist hier auch räumlich die unmittelbare Nähe zu den Forschungskapazitäten des PAZ gegeben, denn seit September 2008 sind wir Nachbarn im ValuePark® Schkopau«, so Timo Günzel, Leiter des Vertriebs- und Servicecenters von KraussMaffei. Die dort installierten Direktcompoundiersysteme von KraussMaffei in Verbindung mit der Materialforschung des Fraunhofer PAZ sind die Voraussetzung für zukunftsfähige Verfahren im Bereich der Kunststoffverarbeitung.

### Auszug aus dem Fraunhofer PAZ-Leistungsspektrum

- Materialdesign, Bewertung und Auslegung für Bauteile aus Polymeren und polymerbasierten Systemen
- Herstellung prototypischer Bauteile mittels Spritzguss, Profilextrusion, Injection-Molding-Compoundierung, Folienextrusion und reaktiver Polyurethan-Technologie
- Entwicklung von mikrostrukturbasierten Simulationsmethoden und Prüfkonzepten für höchstbelastete Faserverbund-Leichtbaustrukturen

**Krauss Maffei**  
Group

*KraussMaffei steht international für wegweisende und technologieübergreifende System- und Verfahrenslösungen in der Spritzgieß- und Reaktions-technik sowie der Automation. Individuelle, modulare oder standardisierte Produkte und ein maßgeschneidertes, breites Serviceangebot zeichnen KraussMaffei als branchenübergreifenden Komplettanbieter aus. KraussMaffei bündelt ein jahrzehntelanges Know-how im Kunststoffmaschinenbau mit Ursprung am Standort München.*  
[www.kraussmaffei.com](http://www.kraussmaffei.com)



## DREI FRAGEN AN...

Timo Günzel, Leiter Vertrieb- und Servicecenter für Spritzgießmaschinen, Robotersysteme und PU Anlagen, KraussMaffei Technologies GmbH im ValuePark® Schkopau

Das Unternehmen KraussMaffei verfügt über eine kontinuierliche Traditionslinie im internationalen Maschinenbau und beschäftigt weltweit rund 4000 Mitarbeiter. Als Partner der ersten Stunde unterstützt die Firma das Fraunhofer PAZ mit seiner Maschinenteknik. So werden in Schkopau mit unterschiedlichsten KraussMaffei-Produkten Versuche durchgeführt, darunter die Spritzgießmaschine CX 160 mit Linearroboter und die CX 200 Multinject Mehrkomponentenspritzgießmaschine. Im Gespräch: Timo Günzel, Leiter Vertrieb- und Servicecenter für Spritzgießmaschinen, Robotersysteme und PU Anlagen.

### **Wie kam es zur Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer PAZ in Schkopau?**

Die Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IWM ist historisch gewachsen. Sowohl der Namensgeber der Fraunhofer-Forschungsanstalt als auch die Firmengründer von KraussMaffei haben ihre Leistungen in den Dienst von Unternehmen und Gesellschaft gestellt. Ihre gemeinsame Heimatstadt München verdankt den beiden Lebenswerken jeweils einen weltweit renommierten Arbeitgeber. KraussMaffei wurde bei Gründung des Fraunhofer PAZ als Partner der ersten Stunde ausgewählt. Für die Wissenschaftler war die Unterstützung mit Technik in den Bereichen Spritzgießmaschinen, Polyurethan-Anlagen und Extrudern ausschlaggebend für eine praxisnahe Forschung. Im Gegenzug ist das Fraunhofer PAZ für uns als Hersteller von Maschinen und Anlagen zur Produktion und Verarbeitung von Kunststoff und Kautschuk ein idealer Partner, um gezielt neue Technologien und Verfahren zu entwickeln. Beispielsweise im Hinblick auf Trendthemen wie Leichtbau oder auch Elektromobilität, um mehr Sicherheit und Langlebigkeit technischer Bauteile und Systeme sicherzustellen.

### **Was macht die Arbeit mit Fraunhofer aus?**

Unsere Kunden stellen uns immer wieder vor Aufgaben, die ein spezielles Know-how im Bereich Materialeigenschaften oder analytische Prüf- und Messtechnik erfordern. Unsere Stärken als Maschinenbauer liegen im Bereich standortspezifischer Verfahrens- und Prozesstechniken. Durch die Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer PAZ in Schkopau wird unser Leistungsangebot um unverzichtbare Erkenntnisse aus der Materialforschung ergänzt. Dieses Zusammenspiel zwischen Industrie und angewandter Forschung versetzt uns in die Lage, wirklich erstklassige Produkte für den expandierenden mitteldeutschen Markt zu liefern.

### **Was schätzen Sie an der Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer PAZ?**

Das Fraunhofer PAZ ist für KraussMaffei weit mehr als ein Zulieferer von Forschungsergebnissen. Es ist ein Partner, der uns stets durch seine schnelle und verbindliche Reaktion bei Anfragen und die kompetente und professionelle Zusammenarbeit in Kooperationsprojekten beeindruckt, der sich zu jeder Projektphase aktiv in die Lösungsprozesse einbringt und zu besten Ergebnissen beiträgt, ein Partner, mit dem wir gerne langfristig zusammenarbeiten wollen – und werden.

## POLYMERE – VON NATURSTOFFKOMPOSITEN BIS ZU HOCHLEISTUNGSVERBUNDWERK-STOFFEN

Schaum-Sandwichstruktur

Im Bereich Polymeranwendungen liegen die Kompetenzen des Fraunhofer IWM im Leichtbau mit Verbundwerkstoffen und Werkstoffverbunden. Um zu bewerten, wie sich beispielsweise Hochleistungsfaserverbundmaterialien im Einsatz verhalten, werden Struktur-Eigenschaftsbeziehungen untersucht, mit neu entwickelten Werkstoffmodellen erzielbare Eigenschaften berechnet, der Einfluss von mechanischen Lasten, Temperatur und Feuchte simuliert sowie Berechnungs- und Prüfmethode zur Vorhersage der Schadenstoleranz von komplexen Leichtbaustrukturen entwickelt.

### Ein PROJEKT-HIGHLIGHT aus dem Fraunhofer IWM: Schadenstoleranz von CFK-Schaum-Sandwichstrukturen

CFK-Schaum-Sandwichstrukturen weisen hohe gewichtsspezifische Biegesteifigkeiten auf und eignen sich deshalb sehr gut für den Einsatz in beulgefährdeten Schalenstrukturen z. B. in Luftfahrzeugen. Schlagschäden während des Betriebs oder Fehler bei der Herstellung sind oftmals von außen nicht sichtbar, könnten sich unerkannt vergrößern und schließlich katastrophale Auswirkungen haben. Dieser und weiteren Problemstellungen widmet sich das Projektteam Seitenleitwerk nächster Generation, kurz VTP-NG.

Bei einer lokalen Deckschichtablösung erfolgt ein Risswachstum zumeist in, beziehungsweise nahe der Grenzschicht zwischen der CFK-Deckschicht und dem Schaumkern. Um den Widerstand des Sandwichverbunds gegen Risswachstum im Schaumkern oder Deckschicht-Kern-Interface zu bewerten, wurden in

der Zusammenarbeit zwischen Fraunhofer IWM und der CTC GmbH in Stade bruchmechanische Versuche unter quasi-statischer und zyklischer globaler Mode-I- und Mode-II-Belastung entwickelt. Des Weiteren wurde gemeinsam die Dimensionierung eines 2 m x 1 m großen Schalenprüfkörpers für die experimentelle Erprobung festgelegt.

Die Geometrie der unsymmetrischen Schale entspricht schon weitgehend der realen Anwendung. In der Schalenmitte wurde ein künstlicher Anbindungsfehler zwischen Außendeckschicht und Kern in Form einer Folie eingebracht. Druck- und Schubbelastungen in der Schalenebene gehören zu den auslegungsrelevantesten Belastungen von Leichtbaustrukturen. Deshalb wurde die Schale in Längsrichtung gestaucht und an den Seiten in Dickenrichtung gelagert. Im Bereich der abgelösten Deckschicht beult diese mit Überschreiten der kritischen Beullast vom Kern weg, was zur vorhergesagten Ausbreitung des Schadens führt.

#### Auszug aus dem Fraunhofer IWM-Leistungsspektrum

- Auslegung und Optimierung von Faserverbundbauteilen und Simulation des Schädigungsverhaltens
- Methodenentwicklung zur hochgenauen Charakterisierung von Faserverbundlaminatschichten
- Entwicklung von Berechnungsmethoden zur Dimensionierung von CFK-Schaum-Sandwichstrukturen
- Bewertung der Schadenstoleranz von Sandwichwerkstoffen und -bauteilen



*Wer erfolgreiche Produktinnovation einleiten will, braucht die räumliche Nähe für kreative Entwicklungsarbeit mit qualifizierten Partnern. Das ist die Leitphilosophie der erfolgsorientierten Werkstoff- und Verfahrensentwicklung für polymere Faserverbundwerkstoffe (FVW) im CTC Stade. Grundlage für das Handeln der beteiligten Partner ist die Netzwerkphilosophie des erfolgreichen Silicon Valley, in dem Forschungseinrichtungen und potenzielle Kunden systemorientiert kooperieren. Diese wurde unter dem Dach des CFK Valleys adaptiert.*

*Die CTC GmbH ist eine 100-Prozent-Airbus-Tochter. Sie hat 45 feste Mitarbeiterin und Mitarbeiter, davon neun im Produktionsbereich.*

[www.ctc-gmbh.com](http://www.ctc-gmbh.com)



## DREI FRAGEN AN...

Dipl.-Ing. Benjamin Teich, Projektleiter des VTP-NG bei der CTC GmbH

Das Airbus-Werk in Stade fertigte bereits im Jahr 1983 das erste Seitenleitwerk aus CFK – der Grundstein für die Erfolgsgeschichte des CFK-Standortes Stade. Seit 1996 ist das Airbus Werk in Stade ein reines Composite Werk und fertigt seitdem das Seitenleitwerk jedes Airbus – natürlich aus CFK. Dass sich die CTC GmbH, eine Tochtergesellschaft der Airbus Operations GmbH und Ausgründung aus dem Werk Stade frühzeitig mit dem Fraunhofer IWM Halle auf diesem Themengebiet zusammenfand, war ein sehr gewinnbringender Schritt, so Dipl.-Ing. Benjamin Teich, Projektleiter des VTP-NG.

### **Wie kam es zur Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IWM Halle?**

Die Zusammenarbeit begann 2005. Initiatoren waren der CTC-Geschäftsführer Prof. Dr.-Ing. Axel Herrmann und der damalige Leiter des Fraunhofer IWM in Halle, Prof. Dr. Dieter Katzer. Über das CTC-»Patent-Programm« kam der Mitarbeiter Martin Rinker vom Fraunhofer IWM in Halle nach Stade und promovierte in dem Themenfeld VTP-NG. Seitdem arbeiten wir gemeinsam mit dem Team um Dr. Ralf Schäuble an Rissfortschrittsuntersuchungen an Sandwich-Strukturen. Zudem erforscht Marianne John vom Fraunhofer IWM seit zwei Jahren die Umwelteinflüsse auf Schaumsandwichstrukturen. Wir haben mit dem Fraunhofer IWM neues Terrain betreten: Zur Strukturentwicklung gab es weltweit keine Erfahrung, innerhalb des Forschungsprojektes VTP-NG konnten wir uns um die Fragestellung kümmern.

### **Was macht die Arbeit mit Fraunhofer aus?**

Das lässt sich mit drei Kernaussagen beschreiben: hohe Qualität der Arbeit, guter Informationsaustausch, enge Einbindung in das Projektteam. Echte Garantien für eine erfolgreiche Zusammenarbeit. Wir haben mit dem Team in Halle einen regelmäßigen und engen Kontakt, nicht zuletzt durch die

Patenschaften. Die Aufgaben werden in Halle selbständig gelöst, im Prozess aufkommende Fragestellungen werden flexibel bearbeitet und führen zu Ergebnissen. Das Fraunhofer IWM in Halle bietet mit seinem Querschnittsportfolio eine übergreifende Problemlösungskompetenz – die Wege im Haus sind nicht weit.

### **Was schätzen Sie an der Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IWM?**

Aus der Projektarbeit sind Untersuchungen zum Umwelteinfluss auf Sandwich-Strukturen und zur Tieftemperaturstruktur entstanden. Das Wissen ist da, ebenso die hervorragenden Versuchsanlagen für die notwendigen Tests. Übrigens haben wir im Zuge der Ergebnisauswertung eine neue Versuchsreihe mit wesentlich kritischen Eigenschaften entdeckt. Dadurch erhielten wir einen Vorsprung vor einem großen amerikanischen Konkurrenten! Unerwähnt darf auch das schöne Institutsgebäude nicht bleiben: Besonders beeindruckend ist das schwimmende Mädchen mit dem Hai!

# DER BESONDERE WERKSTOFF – BIOLOGISCHE UND MAKROMOLEKULARE MATERIALIEN AM FRAUNHOFER IWM

Zahnputzmaschine des Fraunhofer IWM

Am Fraunhofer IWM werden für Anwendungen in der Biotechnologie, Pharmazie und Medizintechnik und Oberflächenmodifizierungs- und Beschichtungsverfahren für biologische und biokompatible Materialien entwickelt und bewertet. Zur Wirkungsbewertung von Zahn- und Mundpflegeprodukten werden materialwissenschaftliche Analyseverfahren genutzt, um morphologische, chemische sowie Verformungs- und Festigkeitskenngrößen zu ermitteln. Untersucht werden auch die Wechselwirkung fluoridhaltiger Zahnpflegeprodukte mit Zahnschmelz und Dentin und die Wirkung erosionshemmender Zahnpflegemittel.

## Ein PROJEKT-HIGHLIGHT aus dem Fraunhofer IWM: Modellentwicklung für empfindliche Zähne

Für kälte-, hitze- oder süßempfindliche Zähne sind freiliegende Dentin-Tubuli im Zahn verantwortlich. Offene Tubuli entstehen durch den Rückgang des Zahnfleisches und den Verlust von Zahnschmelz, wodurch eine Reizleitung zum Zahnnerv ermöglicht wird. Der Verschluss von Dentin-Tubuli ist daher eine Möglichkeit der Desensibilisierung, da die Reizleitung in den Zahnkanälen unterbrochen wird.

Im Mittelpunkt des Projektes von GABA und dem Fraunhofer IWM stehen daher qualitative und quantitative Untersuchungen, mit denen eine probate Desensibilisierungswirkung nachgewiesen werden kann. Dafür werden am Fraunhofer IWM

moderne diagnostische, festkörperanalytische, physikalisch-chemische, werkstoffmechanische und materialkundliche Verfahren eingesetzt.

Entwickelt wurden zum einen qualitative Modelle, bei denen der Tubuli-Verschluss elektronenmikroskopisch dargestellt wurde und zum anderen quantitative Modelle, mit denen an speziell präparierten Dentinproben die Durchflussrate in den Kanälen sowie die Wirkung desensibilisierender Mundspüllösungen und Zahnpasten darauf untersucht wurden. Diese Labormodelle dienen der vorklinischen Testung und Auswahl von wirksamen Formulierungen.



*Der Spezialist für Mund- und Zahnpflege*

*GABA International ist ein europäischer Markenartikler für innovative und hochwertige Mund- und Zahnpflegeprodukte. Seit über 50 Jahren arbeitet GABA eng mit der zahnmedizinischen Fachwelt zusammen. Einzigartige Wirkstoffe, deren Effektivität durch wissenschaftliche Studien belegt ist, und Produkte, die von der zahnmedizinischen Profession anerkannt und akzeptiert werden, sind das Resultat.*

*Die GABA Marken sind aronal, elmex und meridol. Die Produktlinien umfassen Konsumentenprodukte wie Zahnpasten, Zahn- und Mundspülungen, Zahnbürsten, Interdental-Produkte, ein Fluoridgel sowie ein Fluoridkonzentrat für die zahnärztliche Profession. Dabei sind die einzelnen Produkte für sich allein echte Problemlöser, ergänzen sich aber zugleich zu umfassenden Problemlösungssystemen.*

*[www.gaba-dent.de](http://www.gaba-dent.de)*

## Auszug aus dem Fraunhofer IWM-Leistungsspektrum

- Untersuchungen der Morphologie und Mikrostruktur von biologischen Materialien mit elektronenmikroskopischen Methoden und Weiterentwicklung von Präparations- und Untersuchungstechniken (Cryo-Technologie, Focused Ion Beam Technologie)
- Grenzflächenengineering von biologischen und biokompatiblen Materialien für das Tissue Engineering
- Analyse der Wirkung von Produkten der Mund- und Zahnpflege
- Oberflächenfunktionalisierung und Strukturanalyse von Dentalmaterialien



## DREI FRAGEN AN...

Dr. Christine Garbers, Director Research & Development bei der GABA International AG

GABA International und das Fraunhofer IWM Halle führen gemeinsam materialkundliche und oberflächenchemische Untersuchungen der Eigenschaften von Wirkstoffen und Produkten der Zahnpflege durch. Den Schwerpunkt der Forschungsarbeiten bildet die Analyse der Wechselwirkung von Komponenten der Zahnpflege mit dem menschlichen Zahn. Im Gespräch: Dr. Christine Garbers, Director Research & Development bei GABA International.

### **Wie kam es zur Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IWM Halle?**

Die Zusammenarbeit dauert bereits über 15 Jahre und wurde von einem früheren Kollegen initiiert. In diesem Rahmen hatte ich 1998 erstmals mit Prof. Dr. Matthias Petzold Kontakt.

Die ersten Untersuchungen beschäftigten sich hauptsächlich mit der Bildung und Analyse von Calciumfluorid-Globuli auf Zahnschmelz nach der Behandlung mit Aminfluorid.

### **Was macht die Arbeit mit Fraunhofer aus?**

Die Zusammenarbeit ist für uns sehr wertvoll, da das Fraunhofer IWM Halle über Expertise und Ausrüstung im Bereich der Materialforschung verfügt, die wir intern nicht besitzen. Der Wissens- und Kenntnisstand auf dem Sektor der Dentalmaterialien und Zahnmedizin hat sich kontinuierlich mit den gemeinsamen Projekten weiterentwickelt. Daraus sind Publikationen und Beiträge in internationalen Journalen und zu Kongressen hervorgegangen. Die Ergebnisse haben einen explorativen Charakter – im Bereich der Grundlagenforschung – oder dienen der Produkttestung zur Überprüfung von Wirkmechanismen und Wirksamkeiten. Unsere Projekte haben sich über die unterschiedlichsten Gebiete der Zahnmedizin erstreckt: von Fluoridierung und Calciumfluoridbildung, Deckschichtbildungen zum Verschluss von Dentin-Tubuli, Untersuchungen zum Zahnerosionsschutz und zur Abrundung

und Geometrie von Zahnbürstenfilamenten. Wir haben einige Labormodelle entwickelt, die uns erlauben, neue Technologien und Formulierungen zu testen, um eine erste Einschätzung der Wirksamkeit zu bekommen. So können wir eine Vorselektion treffen, um die anschließende klinische Prüfung effizient zu gestalten.

### **Was schätzen Sie an der Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IWM?**

Fraunhofer-Institute sind es gewohnt, mit der Industrie zusammenzuarbeiten und kennen die Bedürfnisse ihres Auftraggebers. Wir haben das Fraunhofer IWM in Halle immer als verlässlichen Partner erlebt, der flexibel auf die Kundenbedürfnisse eingeht und aktiv Problemlösungen erarbeitet und vorschlägt. Durch geringe Fluktuation der Ansprechpartner ist eine Kontinuität gewährleistet und ein sehr gutes Vertrauensverhältnis entstanden.

*Mikrofilamentäre Plasmaentladung bei Atmosphärendruck*

Für die kunststoffverarbeitende Industrie, die Medizintechnik und die Biotechnologie entwickelt und optimiert das Fraunhofer IWM Verfahren zur Beschichtung und Oberflächenmodifizierung sowie zum Fügen von Polymerfolien. Basierend auf der mechanischen und morphologischen Charakterisierung und den gefundenen Mikrostruktur-Eigenschafts-Beziehungen werden für Oberflächen- und Grenzflächeneigenschaften der Polymerfolien Verfahren zur Inline-Diagnostik entwickelt. Ein Thema ist die Oberflächenmodifizierung von Kunststoffen durch Plasmatechniken.

**Ein PROJEKT-HIGHLIGHT aus dem Fraunhofer IWM:  
Entwicklung einer Beschichtung – Die Encoder-Fotoplatte**

Die Encoder-Fotoplatte ist ein moderner, auf flexible Massenfertigung zugeschnittener Abkömmling der konventionellen Fotoplatte, der zur digitalen Datenspeicherung verwendet wird. Während die herkömmliche Fotoplatte aus einer mit Fo-toemulsion beschichteten Platte aus Metall oder Glas bestand, so sind die heutigen Fotoplatten Bauteile mit besonderen Ansprüchen hinsichtlich der optischen, mechanischen und thermischen Stabilität.

Für den Einsatz des Endprodukts – in Form einer Encoder-Scheibe – ist ein stabiles und zuverlässiges Ausgangsmaterial von enormer Bedeutung. Als Ausgangsmaterialien wurden starre, polymere Träger verwendet, die den geforderten Voraussetzungen – hohe Lichttransparenz und thermische Stabilität – genügen. Für eine hohe Auflösung und Kantenschärfe der Abbildung auf der Encoder-Fotoplatte sind darüber

hinaus feinkörnige, engverteilte Silber-Halogenidemulsionen erforderlich. Die besondere Herausforderung hierbei: Die genutzten polymeren Schichtträger sind hydrophob. Die darauf anzuordnende silberhalogene Schicht ist hydrophil. Zur besseren Haftung der Emulsionsschichten auf hydrophoben, polymeren Trägern muss daher deren Oberfläche in einem vorangestellten, zusätzlichen Prozessschritt aktiviert werden.

Im Rahmen des Projektes wurden mit dem Fraunhofer IWM Lösungsansätze entwickelt, die eine sichere und stabile Haftung von gelatinehaltigen, hydrophilen Schichten auf dem Polymer gewährleisten.

**Auszug aus dem Fraunhofer IWM-Leistungsspektrum**

- Plasmaverfahren und Nassbeschichtungen zur Oberflächenfunktionalisierung
- Oberflächenmodifizierung von Kunststoffen durch Plasmatechniken
- Beschichtungen von Polymerfolien
- Entwicklung von Verfahren zur Inline-Bewertung von Beschichtungstechniken

**FILMOTEC**  
SPECIAL FILMS

*Die 1998 gegründete ORWO Filmotec GmbH, hervorgegangen aus der weltweit bekannten ORWO Filmfabrik, führt die Herstellung fotografischer Aufzeichnungsmaterialien am traditionellen Filmstandort Wolfen fort. Als einer der führenden Produzenten von Schwarzweiß-Kinofilmen beliefert die ORWO Filmotec GmbH weltweit Kunden, darunter Filmarchive, Filmstudios und Filmschulen, mit der am Markt anerkannten ORWO Produktpalette. Das Produktionsortiment umfasst unter anderem Negativ-Kamerafilme, Positiv-Kopierfilme, Duplikat-Positiv-Filme, Ton-Negativfilme sowie Leaderfilme, Holografiefilme und Spezialfilme. Weiterhin wird neben der Konfektionierung von Filmmaterialien, Fotopapier und Folien eine Vielzahl fotografischer sowie filmnaher optischer und physikalisch-mechanischer Prüfungen angeboten.*  
[www.filmotec.de](http://www.filmotec.de)



## DREI FRAGEN AN...

Rainer Redmann, Geschäftsführer der FilmoTec GmbH

Die FilmoTec GmbH ist einer der führenden Hersteller von Schwarzweiß-Filmen. Sie ist die einzige Firma, die am traditionsreichen Standort in Wolfen (Sachsen-Anhalt) noch selbst Filme herstellt. Ihr Dienstleistungsportfolio – von der Konfektionierung von Filmmaterialien und Folien über physikalisch-mechanische, optische und fotografische Prüfungen – bietet Querschnitts- und Arbeitsthemen mit dem Bereich Biologische und makromolekulare Materialien des Fraunhofer IWM. Im Gespräch: Rainer Redmann, Geschäftsführer der FilmoTec GmbH.

### **Wie kam es zur Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IWM Halle?**

Das war im Jahr 2008 und eher zufällig. Wir erhielten eine Kundenanfrage, ob wir die Möglichkeit haben, Codes auf fotografische Platten aufzutragen. Solche Codes beinhalten unterschiedliche Informationen, so kann damit beispielsweise das Ausmaß der Drehbewegung oder Geschwindigkeit eines Kranes festgelegt werden. Der Einsatz zur Informationsvermittlung ist aber auch in jedem anderen Gerät denkbar. Die Anfrage hat uns interessiert, da wir natürlich ein sehr gutes Know-how rund um das Thema Film haben. Unser Knackpunkt war die Frage, welches Trägermaterial für die Fotoplatte verwendet werden kann. Die Platte sollte emulsionsstabil und wärmeunabhängig sein und mit der aufzubringenden Emulsionsschicht interagieren. Hier bot sich ein Träger aus Polymeren an, jedoch musste dabei bedacht werden, dass dieser hydrophob und die Emulsion hydrophil ist. Wir sind dann auf die Suche gegangen und haben verschiedene Forschungseinrichtungen in Halle angefragt: Und Fraunhofer war einfach am schnellsten.

### **Was macht die Arbeit mit Fraunhofer aus?**

Zeit kostet Geld. Das ist ein Motto, welches das Fraunhofer IWM verinnerlicht hat. In der Industrie muss es einfach schnell gehen, für langjährige Forschung fehlen uns die Zeit und das Geld. Zudem hat das Fraunhofer IWM eine optimale technische Ausstattung, die ein flexibles Arbeiten ermöglicht. Während des Arbeitsprozesses kommt es immer wieder zu neuen Fragestellungen, wir mussten während des Prozesses beispielsweise über 80 verschiedene Rohstoffe mit bis zu 60 Eigenschaften bewerten – da wird ständig neu diskutiert und evaluiert.

### **Was schätzen Sie an der Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IWM?**

Letztlich sind es immer die Menschen, das positive Engagement in der Zusammenarbeit. Für mich sind Dr. Andreas Kiesow und Sandra Günther hervorzuheben: Sie haben sehr aktiv am Projekt gearbeitet und sich – das ist der entscheidende Punkt – in unser Problem hineingedacht. Und das immer wieder gern und neu.



**DER BESONDERE WERKSTOFF –  
BIOLOGISCHE UND MAKROMOLEKULARE  
MATERIALIEN AM FRAUNHOFER IWM**

*Vorder- und Rückseite einer nanoporösen Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Membran*

Ein Schwerpunktthema am Fraunhofer IWM ist die Entwicklung mechanisch stabilisierter Membranen aus nanoporösem Aluminiumoxid. Dieses Verfahren ermöglicht die gezielte Einstellung von Grenz- und Oberflächeneigenschaften mit spezifischen Funktionen. Die am Institut hergestellten Membranen werden unter anderem für Filtrationsanwendungen, als Kapillarmembran in der Folienbeschichtungstechnik oder als Zellkultursubstrat für das Tissue Engineering verwendet. Zur Vermarktung der porösen Templates wurde 2009 die Firma SmartMembranes aus dem Fraunhofer IWM ausgegründet.

**Ein PROJEKT-HIGHLIGHT aus dem Fraunhofer IWM:  
Entwicklung nanoporöser Membranmaterialien**

Ziel des Gemeinschaftsprojektes der SmartMembranes GmbH und des Fraunhofer Institutes für Werkstoffmechanik Halle IWM ist die Entwicklung und Einsatzqualifizierung selektiv beschichteter Membranen aus nanoporösem Aluminiumoxid und mikroporösem Silizium für Anwendungen in der Biosensorik.

Derartige Membranmaterialien zeichnen sich durch regelmäßige, parallele Porenstrukturen mit einer engen Porengrößenverteilung aus. Mechanisch stabilisierte nanoporöse Aluminiumoxidmembranen können mit Membrandicken von weniger als 10 Mikrometern hergestellt werden. Durch Variation von Porendurchmesser, Membrandicke und Porosität können die Durchflussraten, zum Beispiel bei der Dead End Filtration, gezielt eingestellt werden.

Es ist im Rahmen des Projektes geplant, Biochips auf der Basis von Mikro- bzw. Nanoarrays mit geordneten Porenstrukturen zu entwickeln, diese in Messsysteme für zum Beispiel DNA- oder Proteinanalyse integrierbar zu machen und somit vermarktungsfähige Komponenten für Biochipsensoren herzustellen. Durch die Entwicklung der neuartigen Plattform für Biochip-Arrays und die Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IWM wird die SmartMembranes GmbH hinsichtlich Konkurrenzfähigkeit und Wettbewerbsvorteil durch Technologievorsprung deutlich gestärkt.

**Auszug aus dem Fraunhofer IWM-Leistungsspektrum**

- Oberflächenmodifikation durch Silanisierung
- Einstellung der Hydrophobizität der Poren
- Ablagerung von Metallen und Metalloxiden an den Porenwänden
- Benetzung mit Polymeren
- Herstellung von Nanoröhren mit gewünschten Polymeren



*Die SmartMembranes GmbH, ein Spin-Off des Fraunhofer-Instituts für Werkstoffmechanik IWM in Halle (Saale) und der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, wurde im Jahr 2009 gegründet.*

*Die SmartMembranes GmbH stellt hochgeordnete nano- und makroporöse Membranen aus Aluminiumoxid und Silizium her, deren Porendurchmesser mit der Präzision auf Nanometerebene eingestellt werden können. Diese Membranen können zur speziellen Filterung von Wasser, Luft oder anderen Stoffen eingesetzt werden. Die Einsatzmöglichkeiten in Industrie und Forschung sind nahezu unbegrenzt.*

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



## DREI FRAGEN AN...

Monika Lelonek, SmartMembranes GmbH

Entstanden ist die Idee zu SmartMembranes bei der Nano-Entrepreneurship-Academy (NEnA) – einem Ideenwettbewerb für Wissenschaftlerinnen aus der Nanotechnologie. Das Team gewann 2007 den Wettbewerb. Mit der darauf folgenden Unterstützung der Fraunhofer-Gesellschaft konnte die Idee weiterentwickelt und der Business Plan erarbeitet werden. 2009 siedelte sich die SmartMembranes GmbH im Technologiepark Weinberg Campus in Halle an. Im Gespräch: Monika Lelonek, Geschäftsführerin der SmartMembranes GmbH.

### **Wie kam es zur Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IWM Halle?**

Die SmartMembranes GmbH ist eine Ausgründung aus dem Fraunhofer IWM, daher liegt der Forschungsschwerpunkt der Firma nahe an jenem des Instituts. So ist es nicht verwunderlich, dass ein gemeinsames Forschungsprojekt zustande gekommen ist. Hier kann man wunderbar die Synergien nutzen. Das Fraunhofer IWM verfügt über eine Infrastruktur, ohne die es einem jungen Unternehmen wie dem unseren unmöglich wäre, fundierte Forschung zu betreiben. Des Weiteren versprechen wir uns von der Zusammenarbeit natürlich, dass die Ergebnisse des Projekts unsere Produktentwicklung positiv beeinflussen und somit zur Wertsteigerung des Unternehmens und dessen Produkten beitragen.

### **Was macht die Arbeit mit Fraunhofer aus?**

Durch die Tatsache, dass wir eine Ausgründung des Fraunhofer IWM sind, kennen wir die meisten Mitarbeiter persönlich. Das Institut ist zudem nur 50 Meter von unserer Firma entfernt. Somit sind kurze Kommunikationswege möglich, so dass wir interaktiv miteinander arbeiten und auch kurzfristig persönlich die Ergebnisse besprechen können.

### **Was schätzen Sie an der Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IWM?**

Das Institut verfügt über Ressourcen wie hervorragende wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus den verschiedensten Bereichen, so dass viele Möglichkeiten bestehen, sich mit Experten auszutauschen und gemeinsam Ideen zu entwickeln. Überdies besitzt das Fraunhofer IWM eine umfangreiche Infrastruktur, die eine Forschung auf hohem Niveau möglich macht. Dass fast alle Untersuchungen direkt im Haus umgesetzt werden können, bedeutet kurze Bearbeitungszeiten und einen schnelleren Zugang zu Ergebnissen.

# NEUE ENERGIE – DAS FRAUNHOFER-CENTER FÜR SILIZIUM-PHOTOVOLTAIK CSP

Defektanalyse

Das Fraunhofer CSP ist eine gemeinsame Einrichtung der Fraunhofer-Institute für Werkstoffmechanik IWM und für Solare Energiesysteme ISE. Es untergliedert sich in die Abteilungen »Labor für Kristallisationstechnologie LKT« und »Zuverlässigkeit und Technologie für die Netzparität ZTN«. Das »ZTN« konzentriert sich auf die Entwicklung von kostengünstigen Siliziumwafern, von Modultechnologien sowie auf Verfahren zur Fertigung von Solarmodulen. Die Technologieentwicklungen werden durch Mikrostrukturdiagnostik, mechanische Charakterisierung und elektrische Bewertung unterstützt.

## Ein PROJEKT-HIGHLIGHT aus dem Fraunhofer CSP: Diagnostik von Solarzellen

Einen Schwerpunkt in der Arbeit des Fraunhofer-Centers für Silizium-Photovoltaik CSP stellt die Diagnostik von Solarzellen, und dabei insbesondere das Verständnis der Wechselwirkung von Materialdefekten und deren Auswirkung auf die elektrischen Eigenschaften der Solarzellen, dar. Mit der Firma Q.CELLS sind in den letzten Jahren zahlreiche Projekte zu diesem Thema bearbeitet worden. Ein Beispiel ist das Vorhaben »Adaptum«. Hier wurden rekombinationsaktive Defekte in Solarzellen aus alternativen Siliziummaterialien (gereinigtes metallurgisches Silizium) hinsichtlich ihres elektrischen Durchbruch- und Rekombinationsverhaltens klassifiziert.

Für typische Defekte sind die mikroskopischen Materialeigenschaften analysiert und Modelle zur Erklärung der elektronischen Störungen im Siliziumhalbleitermaterial erarbeitet worden.

Wesentliche Forschungsergebnisse wurden im Rahmen einer Promotionsarbeit erreicht, die kooperativ am Fraunhofer CSP und der Firma Q.CELLS betreut und aus Industriemitteln der Q.CELLS SE finanziert wurden.

### Auszug aus dem Fraunhofer CSP-Leistungsspektrum

- Solarzellendiagnostik
- Entwicklung optischer Materialien
- Entwicklung von Herstellverfahren für dünne Siliziumwafer
- Zuverlässigkeitscharakterisierung und -auslegung von Solarmodulen
- Entwicklung von Solarmodulen

## Q.CELLS

*Q.CELLS mit Sitz in Bitterfeld-Wolfen wurde 1999 gegründet und gehört heute zu den größten Photovoltaik-Unternehmen weltweit. Das innovative Produktportfolio von Q.CELLS reicht von Solarzellen, über kristalline und Dünnschicht-Solarmodule bis hin zu kompletten Photovoltaik-Systemen im privaten, wie gewerblich-industriellen Bereich sowie im Kraftwerks-Maßstab.*

*Aufgrund der engen Verzahnung von Forschung, Entwicklung und Produktion am Stammsitz Solar Valley Thalheim setzt Q-Cells Maßstäbe hinsichtlich Leistung, Qualität, Zuverlässigkeit, Ästhetik seiner Produkte. Solarenergie ist für Q.CELLS mehr als eine Technologie – Sie ist eine Lösung für die Energieversorgung von morgen!*

[www.q-cells.de](http://www.q-cells.de)



## DREI FRAGEN AN...

Dr. Peter Wawer, Leiter der Produktion der Q.CELLS SE

Q.CELLS mit Sitz in Sachsen-Anhalt gehört zu den größten Photovoltaik-Unternehmen weltweit. Seit Jahren arbeitet das Photovoltaik-Unternehmen eng und vertrauensvoll sowohl mit dem Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM als auch mit dem Fraunhofer-Center für Silizium Photovoltaik CSP zusammen. Im Gespräch: Dr. Peter Wawer, Leiter der Produktion der Q.CELLS SE.

### **Wie kam es zur Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer CSP Halle?**

Die Zusammenarbeit begann im Jahr 2007. Aufgrund der Fokussierung von Q.CELLS auf kristalline Silizium-Solarzellen und -Module war Q.CELLS an der Gründung eines regionalen Forschungsinstitutes mit diesem Schwerpunkt sehr interessiert. Zunächst lag der Schwerpunkt der Kooperation in der Analyse des Ausgangsmaterials bei der Solarzellenherstellung: den Silizium-Wafern. Heute deckt die Zusammenarbeit die gesamte Wertschöpfungskette vom Wafer über die Solarzelle bis hin zum Modul ab. Das begrüßt das Unternehmen nicht zuletzt deshalb, weil Q.CELLS als eines der weltweit größten Photovoltaik-Unternehmen im Jahr 2011 in den Standort Deutschland investiert und eine Solarmodul-Produktionslinie mit einer Kapazität von 130 MWp im Solar Valley Thalheim errichtet hat. So können wir die Leistung unserer Technologien und Produkte schnell und vor Ort unabhängig vom Fraunhofer CSP überprüfen lassen.

### **Was macht die Arbeit mit Fraunhofer aus?**

Durch die enge Verzahnung von Forschung, Entwicklung und Produktion sowie der vertrauensvollen Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft gelingt es uns in einem hart umkämpften Marktumfeld, unsere führenden Technologien und verlässlichen Produkte »engineered-in-Germany«

erfolgreich an unsere internationalen Kunden zu vermarkten. Ein Beispiel für die erfolgreiche Zusammenarbeit ist das Projekt »Adaptum«: Q.CELLS hat aus Silizium unterschiedlicher Qualität Wafer und Solarzellen hergestellt und eine grundlegende Analyse ihrer elektrischen Eigenschaften durchgeführt. Auf Basis dieser Vorcharakterisierung wurden interessante Proben – beispielsweise mit Kristalldefekten – ausgewählt und vom Fraunhofer CSP einer tiefergehenden Charakterisierung unterzogen. Erkenntnisse aus dem Projekt wurden für die gesamte Photovoltaik-Branche nutzbar gemacht.

### **Was schätzen Sie an der Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer CSP?**

Das Fraunhofer CSP ist ein bekannter Name in der Branche, wenn es um die unabhängige Bewertung von Photovoltaikprodukten entlang der gesamten Wertschöpfungskette geht. Außerdem bekennt sich das Fraunhofer CSP nicht nur zum Solarstandort Deutschland, sondern auch zum Bundesland Sachsen-Anhalt. Das wissenschaftliche Know-how und die methodische Ausstattung des Fraunhofer CSP ermöglichen uns weitreichende Fortschritte hinsichtlich unserer Technologien und Produktionsprozesse.

## NEUE ENERGIE – DAS FRAUNHOFER-CENTER FÜR SILIZIUM-PHOTOVOLTAIK CSP

Entnahme eines Solarstrings und Übergabe an den Lay-up-Roboter im  
Modultechnologiezentrum des Fraunhofer CSP im ValuePark® Schkopau

Das Fraunhofer CSP ist in Halle lokalisiert und unterhält ein Modultechnologiezentrum (MTZ) in Schkopau. Das MTZ mit etwa 2000 m<sup>2</sup> Technikumsfläche steht Photovoltaikunternehmen für gemeinsame anwendungsorientierte Forschungsprojekte als kompetenter Partner zur Seite. In Kooperation mit Geräte- und Modulherstellern werden Strategien zur Anlagenentwicklung für die Verarbeitung neuer Zelllayouts, sowie zur Herstellung alternativer Modultechniken entwickelt. Ziel ist die Verringerung der Herstellungskosten und die Erhöhung des Modulwirkungsgrades.

### Ein PROJEKT-HIGHLIGHT aus dem Fraunhofer CSP: Mehrlagenfolien für die Solarzellenverkapselung

Weltweit verfügt DOW über ein hervorragendes Team von Wissenschaftlern und kooperiert zur Entwicklung innovativer Lösungen für die aktuellen und zukünftigen Herausforderungen der modernen Gesellschaft mit führenden Forschungsinstituten in Europa und Deutschland. Die Schwerpunkte der Zusammenarbeit von DOW und der Fraunhofer-Gesellschaft liegen in den Bereichen Transport und Logistik, Infrastruktur und Energie, Wohnungsbau und industrielle Hilfsprodukte. Im Energiebereich liegt der Fokus auf den erneuerbaren Energien, darunter auf neuen Konzepten für Solarenergie und Photovoltaik.

Im Jahr 2012 errichtet das Unternehmen am Standort Schkopau eine Anlage zur Herstellung von neuartigen Spezialfolien für die Verkapselung von Solarzellen in Solarmodulen. Das ist eine von drei Anlagen, mit denen DOW derzeit weltweit seine Präsenz im Photovoltaik-Markt verstärkt. Die auf der Basis von

Polyolefin-Kunststoffen hergestellten Folien, die das Unternehmen seit Ende 2010 unter dem Markennamen ENLIGHT™ vertreibt, sind eine Innovation auf dem Photovoltaik-Markt. Sie ermöglichen der Solarindustrie im Gegensatz zu bisher üblichen Folien, energieeffizientere, langlebigere und kostengünstigere Photovoltaikmodule herzustellen.

Das Fraunhofer IWM und das Fraunhofer CSP arbeiten mit DOW Schkopau an der Entwicklung der Folienfertigungsverfahren, Folienzusammensetzung, Laminierfähigkeit sowie der Lebensdauerbewertung des ENLIGHT™ Materials in Solarmodulen.



*Durch die Kombination von Wissenschaft und Technik entwickelt DOW innovative Lösungen zur Verbesserung der Lebensqualität. Das Unternehmen verbindet Chemie und Innovation mit den Prinzipien der Nachhaltigkeit. Dazu zählen die Bereitstellung von sauberem Trinkwasser, der sparsame Umgang mit Energieressourcen, die Nutzung erneuerbarer Energien sowie die Steigerung landwirtschaftlicher Erträge. Gestützt auf Technologie und Know-how liefert DOW eine breite Palette an wegweisenden Produkten und Lösungen an Kunden in rund 160 Ländern. Dazu gehören Spezialchemikalien, Hochleistungsmaterialien sowie Kunststoffe, die in wachstumstarken Branchen wie der Elektronikindustrie, Wasser- und Energieversorgung, bei Beschichtungen und in der Landwirtschaft zum Einsatz kommen. Im Jahr 2011 erwirtschaftete DOW einen Jahresumsatz von 60 Mrd. US-Dollar und beschäftigte etwa 52.000 Mitarbeiter weltweit. Das Unternehmen produziert an 197 Standorten in 36 Ländern mehr als 5.000 unterschiedliche Produkte.*

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

### Auszug aus dem Fraunhofer CSP-Leistungsspektrum

- Spurenanalytik von Siliziummaterialien, Prozess- und Hilfsstoffen
- Bewertung der Prozess- und Zuverlässigkeitseigenschaften von Polymermaterialien
- Analyse, Optimierung sowie Neuentwicklung industrieller Fertigungstechniken zur Herstellung von Solarmodulen



## DREI FRAGEN AN...

Reiner Roghmann, Vorsitzender der Geschäftsführung der DOW Olefinverbund GmbH

Die DOW Olefinverbund GmbH ist ein 100%-iges Tochterunternehmen der The Dow Chemical Company™. Dow und die Fraunhofer-Gesellschaft verbinden mehr als 15 Jahre erfolgreiche Zusammenarbeit in Europa und Deutschland. Mit dem ValuePark® betreibt das Unternehmen seit 1998 auch einen Industriepark am Standort Schkopau und realisiert dort sowohl mit dem Fraunhofer-Pilotanlagenzentrum für Polymersynthese und -verarbeitung PAZ als auch mit dem Fraunhofer-Center für Silizium Photovoltaik CSP gemeinsame Projekte. Im Gespräch: Reiner Roghmann, Vorsitzender der Geschäftsführung der Dow Olefinverbund GmbH.

### **Wie kam es zur Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer CSP Halle?**

Ihren Anfang nahm die Zusammenarbeit bereits Mitte der 90er-Jahre. Damals war DOW eines der ersten internationalen Unternehmen, das in Mitteldeutschland investierte und sich zudem als Mitinitiator von Netzwerken wie beispielsweise CeChemNet dafür stark machte, die regionalen Kräfte von Politik, Wirtschaft und Wissenschaft für eine nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung zu bündeln. In diese Phase der Restrukturierung der mitteldeutschen Chemieregion von 1995-2000 fiel auch die Entscheidung, den ValuePark® zu etablieren. Dessen Ziel ist es, die gesamte Wertschöpfungskette am Standort abzubilden, also Kunden anzusiedeln, die unsere Produkte direkt weiterverarbeiten. DOW hat sich in dieser Umbruchphase stark engagiert für eine Ansiedlung von Fraunhofer als jener Forschungsinstitution, die schon damals in Mitteldeutschland am präsentesten war. So begann die Partnerschaft mit der Ansiedlung des Fraunhofer PAZ und setzte sich mit der Eröffnung des Modultechnologiezentrums des Fraunhofer CSP fort. Es passt hervorragend in das Synergie-Konzept des ValueParks®, dass die Fraunhofer-Fachkenntnisse, die Vernetzung mit der Universität und nicht zuletzt die breite Vielfalt der Kooperationsmöglichkeiten unseren Kunden und uns hier direkt am Standort zur Verfügung stehen.

### **Was macht die Arbeit mit Fraunhofer aus?**

Das sind im Wesentlichen drei Punkte: Erstens das hohe Maß an Fachkompetenz, vor der ich immer wieder großen Respekt habe. Die Fraunhofer-Institute sind in ihren Themenbereichen derart spezialisiert, dass sie keinen Vergleich scheuen müssen, quasi in der Champions League der Forschung spielen. Zweiter wichtiger Punkt ist, dass diese Forschung keine Forschung im Elfenbeinturm ist, sondern immer nah am Kunden, nah an der Industrie. Und zum Dritten sind es die lebendige und flexible Unternehmensstruktur und das damit verbundene hohe Maß an Geschwindigkeit, mit der Ergebnisse geliefert werden, die für sich sprechen.

### **Was schätzen Sie an der Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer CSP?**

Es ist eine offene Partnerschaft auf Augenhöhe. Die Qualität der geleisteten Arbeit zeugt von einer offenen Firmenkultur mit kurzen Wegen. Diese Firmenkultur ist der von Dow sehr ähnlich, daher ist es eine Zusammenarbeit, die leicht fällt, weil sie einfach unkompliziert ist. Nicht zuletzt bin ich immer wieder beeindruckt, wie trotz permanenter Verjüngung kompetente Mitarbeiter gebunden werden können.

# ECKPUNKTE DER ENTWICKLUNG DES FRAUNHOFER IWM

**1971**

Gründung des Fraunhofer IWM in Freiburg. Themen sind Bruchentstehung und Bruchausbreitung unter verschiedenen Belastungen.

**1977**

Professor Erwin Sommer übernimmt die Leitung des Fraunhofer IWM. Mit ihm wird das Fachgebiet der Bruchmechanik in Deutschland etabliert.

**1979**

Erste Projekte zur numerischen Simulation von Werkstoffen und Bauteilen.

**1982**

Erste Arbeiten zur Heißformgebung von Gläsern.

**1986**

Einstieg in das Hochtemperaturverhalten von Werkstoffen.

**1987**

Das Thema »Bewertung von Schweißverbindungen« wird aufgegriffen.

**1990**

Einstieg in die Simulation des Sinterns keramischer Bauteile.

**1991**

Im Zuge der Wiedervereinigung vergrößert sich das Fraunhofer IWM um eine Gruppe des früheren Instituts für Festkörperphysik und Elektronenmikroskopie der Akademie der Wissenschaft in Halle.

**1992**

Gründung des Fraunhofer IWM in Halle.

**1993**

In Halle steht die Bewertung der Zuverlässigkeit von Bauteilen der Mikrosystemtechnik im Mittelpunkt.

**1997**

Entwicklung von mikrostrukturierten Oberflächen und Beschichtungen für die Kunststoffformgebung.

**1998**

Sicherheitskonzepte aus der Energietechnik werden auf die Crashbewertung von Automobilkomponenten übertragen.

**1999**

Entwicklung dicker diamantähnlicher Kohlenstoffschichten für den Verschleißschutz.

**2000**

Simulation des Rückfederns bei der Blechumformung.

**2001**

Professor Peter Gumbsch übernimmt die Leitung des Fraunhofer IWM.

**2002**

Die neu gegründete Arbeitsgruppe »Physikalische Werkstoffmodellierung« befasst sich mit der Multiskalensimulation von Werkstoffen und Bauteilen.

**2003**

Entwicklung eines industriellen Spannungstrennverfahrens für Flachglas.

**2004**

Das Thema Tribosimulation wird aufgegriffen.

**2005**

Inbetriebnahme des Fraunhofer-Pilotanlagenzentrums für Polymersynthese und -verarbeitung PAZ, eine gemeinsame Initiative des Fraunhofer IWM und des Fraunhofer IAP.

**2006**

Professor Ralf B. Wehrspohn wird zweiter Institutsleiter des Fraunhofer IWM in Halle.

**2007**

Einweihung Neubau des Fraunhofer IWM in Halle.

**2007**

Gründung des Fraunhofer-Centers für Silizium-Photovoltaik CSP in Halle (gemeinsam mit dem Fraunhofer ISE).

**2008**

Beteiligung am BMBF-Spitzencluster »Solarvalley Mitteldeutschland« unter Federführung des Fraunhofer CSP.

**2011**

Einweihung des Fraunhofer CSP Modultechnologie-zentrums in Schkopau.

**2012**

Beteiligung am Spitzencluster »Bioökonomie« unter Federführung des Fraunhofer CBP Leuna.

**2012**

Einweihung des Centers für Angewandte Mikrostruktur-Diagnostik CAM in Halle.

# LEITTHEMEN DES FRAUNHOFER IWM IN HALLE (SAALE) BIS 2020



Wir sind dankbar für das Vertrauen unserer Förderer aus Land, Bund und Europäischer Union, die uns den Ausbau einer hervorragenden Infrastruktur für die Forschung und Entwicklung über die letzten 20 Jahre ermöglicht haben. Wir sind überzeugt, dass Investitionen in die anwendungsorientierte Forschung eine Voraussetzung für gezielte Problemlösung und Innovation und damit für nachhaltigen wirtschaftlichen Erfolg für unsere Kunden sind.

Folgende Leitthemen werden für uns und unsere Kunden zunehmend wichtiger:

## **1. Ressourcen- und Materialeffizienz: Einsparpotenziale in Prozessen und Bauteilen durch mikrostrukturbasierte Werkstoffmechanik nutzen**

Wir befinden uns in einer Phase des Paradigmenwechsels in der Materialforschung. Während die Materialforschung in den letzten 100 Jahren stark kundengetrieben war, so ist sie heute vornehmlich regulationsgetrieben. Regularien des Umweltschutzes erfordern nachhaltige, nichttoxische Materialien oder Leichtbauwerkstoffe. Politische Regularien verhindern den über Jahre hinweg nahezu unbegrenzten Materialzugang. Sicherung der Rohstoffnutzung ist ein weltweit zentrales Thema geworden. Industrieländer wie Deutschland oder die USA, die auf einen breiten Zugriff auf verschiedenste Rohstoffe angewiesen sind, müssen nach Auswegen suchen. Hier ist das Verständnis von Funktionszusammenhängen auf der Mikrostrukturebene ein entscheidender Technologievorsprung. Wir wollen als Materialforschungsinstitut mit besonderer Kompetenz der mikrostrukturbasierten Werkstoffmechanik unsere Partner bei der Entwicklung neuer Funktionsmaterialien unterstützen. Ein erster Schritt dazu ist der Aufbau des Centers für Angewandte Mikrostrukturdiagnostik CAM mit einer der besten Mikrostrukturaufklärungsmöglichkeiten in der Materialforschung in Deutschland.

## **2. Materialien aus Endkundensicht optimieren**

In Retrospektive sehen wir, dass vor allem solche Technologien in Deutschland längerfristig Zukunft haben, die auch einen substanziellen Endverbrauchermarkt in Europa adressieren und so flexibel auf den europäischen Kundenbedarf reagieren können. Gerade für mittelständische Unternehmen und Zulieferer in Mitteldeutschland wird dies aufgrund von globalen Zulieferstrukturen immer relevanter. Material- und Komponentenentwicklung muss daher die Endkundensicht von Beginn an integrieren. Für deutsche Produkte bedeutet dies das Zusammenspiel aus Kosten, Zuverlässigkeit und Design. Als Fraunhofer IWM haben wir uns entsprechend positioniert. Wir wollen über die Zuverlässigkeit auf Mikrostrukturebene hinaus die Brücke zwischen Industriedesign und Materialforschung gezielt ausbauen. Erste Schritte sind hier der Ausbau der applikationsspezifischen Modulentwicklung in Schkopau (Sachsen-Anhalt) und der Einsatz maßgeschneiderter Biopolymere in Designprodukten.

## **3. Regionale Netzwerke stärken: Unternehmen gute Gründe geben, um in Mitteldeutschland zu bleiben**

20 Jahre nach der Wiedervereinigung sind die meisten großen Prozessanlagen der im Osten Deutschlands produzierenden multinationalen Materialhersteller abgeschrieben. Es stellt sich die Frage, welches die nächsten Investitionsschritte in Mitteldeutschland sein werden. Auch hier möchte das Fraunhofer IWM in den kommenden Jahren mit den Partnern der Region gemeinsame Perspektiven entwickeln und umsetzen. Ein erster Schritt ist mit dem Fraunhofer-Innovationscluster »Kunststoffe und Kunststofftechnologien für die Solarindustrie« getan, bei dem die Chemieunternehmen mit den Photovoltaikherstellern vernetzt werden. Ein weiterer Schritt ist das Spitzencluster »Bioökonomie«, das die stoffliche Nutzung von Holz entlang der gesamten Wertschöpfungskette in Mitteldeutschland aufbauen will. Diese Wege wollen wir konsequent als Materialforschungsinstitut weiter mit unseren Partnern gehen.

# DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

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

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit mehr als 80 Forschungseinrichtungen, davon 60 Institute. Mehr als 20 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 1,8 Milliarden Euro. Davon fallen 1,5 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Über 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Knapp 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen erarbeiten können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Internationale Niederlassungen sorgen für Kontakt zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

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

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

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

## **IMPRESSUM**

### **Redaktion**

Jasmine Ait-Djoudi

### **Gestaltung und Produktion**

Cornelia Dietze

Bertram Sturm

### **Anschrift der Redaktion**

Fraunhofer-Institut

für Werkstoffmechanik IWM

Walter-Hülse-Straße 1

06120 Halle (Saale)

Telefon +49 345 5589-0

Fax +49 345 5589-101

[info@iwmh.fraunhofer.de](mailto:info@iwmh.fraunhofer.de)

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

### **Bildquellen**

Seiten 3, 14, 18, 24, 26, 29

© Jürgen Jeibmann Photographik, Leipzig

Seite 4 © Staatskanzlei Sachsen-Anhalt

Seite 5 © Fraunhofer-Gesellschaft

Seite 11 © Micronas GmbH

Seite 13 © austriamicrosystems AG

Seite 15 © KraussMaffei Technologies GmbH

Seite 17 © CTC GmbH

Seite 19 © GABA International

Seite 21 © FilmoTec GmbH

Seite 23 © Matthias Behne, behnelux gestaltung

Seite 25 © André Forner

Seite 27 © DOW Olefinverbund GmbH

Alle übrigen Abbildungen: © Fraunhofer IWM

### **Copyright**

© Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM 4/2012

