

DGM



Regionalforum  
**R h e i n - R u h r**

Herausgegeben vom Institut für Wissenschaftliche Veröffentlichungen





## THE ART OF DETECTION

3D-Einblicke in geologische Proben und Ausgrabungsstücke liefern Forschungsinstituten und Museen detaillierte Erkenntnisse über Materialien und Beschaffenheit. Doch nicht nur bei Fundstücken und Bodenuntersuchungen können YXLON CT-Systeme Großes leisten. Auch die Entwicklungsabteilungen von Industrieunternehmen profitieren von präziser Computertomografie, mit der kleinste Fehler in Prüfteilen erkannt und innere Strukturen sicher analysiert und gemessen werden können.

**Dank intelligenter Technologie Verborgenes präzise darstellen –  
das ist The Art of Detection.**

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

DGM



# Regionalforum Rhein - Ruhr

EIN NEUES MITEINANDER IN DER MATERIALFORSCHUNG  
Aktivitätsbericht und Bestandsaufnahme

Zusammengefasst von Prof. Dr.-Ing. Gunther Eggeler  
Lehrstuhl Werkstoffwissenschaft, Ruhr-Universität Bochum  
Sprecher des Regionalforums Rhein-Ruhr

Herausgegeben vom Institut für Wissenschaftliche Veröffentlichungen





## IM BLICKPUNKT

**Regionalforum Rhein-Ruhr**

Mai 2016

**Idee, Konzeption und redaktionelle Koordination:**

Institut für Wissenschaftliche Veröffentlichungen (IWF)  
in Zusammenarbeit mit dem DGM-Regionalforum Rhein-Ruhr

**Institutsleitung:** Prof. Dr. Klaus Palme, Dipl.-Ing.

**Redaktionelle Leitung:** Prof. Dr.-Ing. Gunther Eggeler

**Titelseite:** Motiv aus dem Beitrag des Instituts für  
Energie- und Klimaforschung, Werkstoffstruktur  
und -eigenschaften (IEK-2) des Forschungszentrums Jülich  
(Blickfang); DGM (Einblendung/Hintergrund)



**Anzeigenverwaltung und Herstellung:**

ALPHA Informationsgesellschaft mbH  
Finkenstraße 10, 68623 Lampertheim  
Telefon: 06206 9390, Telefax: 06206 939232  
info@alphapublic.de, www.alphapublic.de

Die Informationen in diesem Magazin sind sorgfältig geprüft worden, dennoch kann keine Garantie übernommen werden. Eine Haftung für Personen-, Sach- und Vermögensschäden ist ausgeschlossen.

Die einzelnen Bildquellen sind über das Institut für wissenschaftliche Veröffentlichungen (IWF) zu erfragen. Die Auskunft ist kostenfrei und kann per E-Mail erfragt werden. Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, des Vortrags, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwendung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung des Werkes oder von Teilen des Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechts der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweiligen Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zu widerhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechts.

Projekt-Nr. 103-018

# » Ein neues Miteinander in der Materialforschung «

## von Gunther Eggeler



**S**ein 2010 gibt es die Regionalforen der DGM. Diese sollen die Sichtbarkeit der DGM erhöhen und als Plattformen für den wissenschaftlich-technischen Austausch zwischen Forschungsinstituten und Industrieunternehmen dienen. Sie sollen helfen, Treffen, Tagungen und Exkursionen zu organisieren. Außerdem sollen sie einen Beitrag zur Nachwuchsförderung in der DGM leisten. Zwischen den Forschungsinstituten und Universitäten Nordrhein-Westfalens, die einen Schwerpunkt bei der Werkstoffforschung setzen, gab es schon immer gute Kontakte. Es ist schwer, dies in allen Einzelheiten nachzuhalten, es können jedoch viele einzelne Beispiele angeführt werden. So bildeten zum Beispiel seit jeher die Kolloquien des MPI für Eisenforschung GmbH, Düsseldorf, Kristallisationspunkte für das Treffen und den Austausch von Materialforschern von Rhein und Ruhr. Es gab gemeinsame Veranstaltungen zwischen dem Institut für Metallkunde der RWTH Aachen und dem Lehrstuhl Werkstoffwissenschaft der Ruhr-Universität Bochum auf dem Gebiet der Martensit-Forschung. Im Sonderforschungsbereich 316 arbeiteten die Universität Dortmund und die Ruhr-Universität Bochum zur Herstellung, Verarbeitung und Prüfung von metallischen und metallkeramischen Verbundwerkstoffen zusammen. Und es ließen sich noch viele weitere Beispiele nennen. Neue, standortübergreifende Forschungsaktivitäten sind auf dem Weg bzw. in der Planung.

Am DGM-Tag in Bochum am 23. Mai 2013 beschlossen die DGM-nahen Materialforscher Nordrhein-Westfalens, ein DGM-Regionalforum Rhein-Ruhr einzurichten. Die Initiative wurde von allen universitären Standorten (Aachen, Bochum, Dortmund, Duisburg-Essen, Siegen, Paderborn) und von den wichtigen Forschungsinstituten der Region (DLR, FZ Jülich und MPIE) mitgetragen. Seit der Gründung des Regionalforums Rhein-Ruhr finden jährlich zweitägige Treffen statt, auf denen die Teilnehmer ihre wissenschaftlich-technischen Aktivitäten vorstellen und gemeinsam wichtige Entwicklungen aus dem Werkstoffbereich diskutieren.

Parallel zu den Aktivitäten des DGM-Regionalforums Rhein-Ruhr hat sich eine unabhängige Jung-DGM Rhein-Ruhr gegründet, die sich selbstständig organisiert. Der heutige Sprecher der Jung-DGM, Herr Dr. Martin Diehl (MPIE), wird über die Jung-DGM Rhein-Ruhr in einem eigenen Beitrag berichten.

In dieser Broschüre sollen die Aktivitäten der Materialforscher an Rhein und Ruhr berichtet werden. Dabei stellen sich auch die Standorte des Regionalforums Rhein-Ruhr kurz vor. Das Regionalforum Rhein-Ruhr steht allen Interessierten DGM-Mitgliedern offen. Neue Mitglieder sind jederzeit herzlich willkommen und werden gerne aufgenommen!

**Prof. Dr.-Ing. Gunther Eggeler**  
Ruhr-Universität Bochum,  
Lehrstuhl Werkstoffwissenschaft, Sprecher des  
Regionalforums Rhein-Ruhr.

# » Materialanalyse mittels Computertomografie – von Nano zu Makro «

*Die Röntgentechnologie ist seit Jahrzehnten Standard in der Materialprüfung, denn Strukturen im Inneren eines Teils zerstörungsfrei sichtbar zu machen, spart nicht nur Geld und Zeit, sondern sichert auch die Funktionsfähigkeit eines Bauteils ab.*

Mit der Entwicklung der Computertomografie sind wie in der Medizin auch in der Materialanalyse die Möglichkeiten um ein Vielfaches gestiegen. Noch vor circa 15 Jahren benötigten das schichtweise Scannen und die anschließende Rekonstruktion zum 3D-Volumen viele Stunden. Mittlerweile haben die neuen hochauflösenden Detektoren und leistungsstarke Rechner die Prozesse in solchem Maß beschleunigt, dass bei einfachen Anwendungen sogar Computertomografie in der Produktionslinie möglich wird.

Die Entwicklungen schreiten stetig voran. Ob schichtweises Scannen mit hochentwickelten Zeilendetektoren oder die Erfassung des kompletten Prüfteils mit Flachdetektoren in einer Rotation, ob kleinste Elektronikkomponenten mit Mikrofokusröhren oder ganze Flugzeugmotoren mit Linearbeschleuniger, die Bandbreite der Anwendungsmöglichkeiten ist immens. Besonders dort, wo es auf höchste Sicherheit ankommt, wie zum Beispiel



*Im April 2011 wurde in Niedersachsen der sogenannte „Goldhort von Gessel“ als Block geborgen. Mit dem Linearbeschleuniger wurde bei YXLON International in Hattingen ein exaktes CT-Volumen des Fundes erstellt (Bild 1a), um daraus per 3D-Druck eine Kunststoffnachbildung des Horts zu erzeugen. Die 3D-Visualisierung und das Kunststoffmodell*



*halfen bei der schonenden Freistellung der 117 Goldstücke und dokumentieren die ursprüngliche Anordnung. (Bildrechte: Niedersächsisches Amt für Denkmalpflege; Fotos: A. Tröller-Reimer, V. Minkus)*

*Im Oktober 2015 fand der Fund noch einmal für weitere Untersuchungen den Weg zu YXLON.*

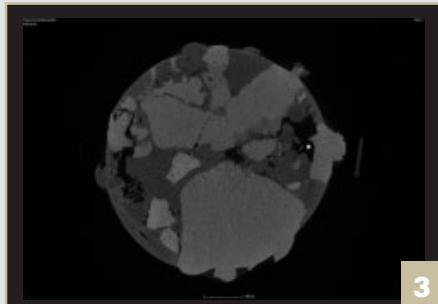
im Flugzeug- und Automobilbau, können mit der Computertomografie nicht nur Fehler nachgewiesen werden, sondern darüber hinaus ihre Lage und Form bestimmt, ihre Größe gemessen und Toleranzen definiert werden.

Lunker und Porositäten in Gussteilen, stabile Schweißnähte an zusammengefügten Komponenten, exakte Lötungen in Leiterplatten sind wohl die bekanntesten Prüfaufgaben in der Industrie.



*Zur Vorbereitung der geplanten, notwendigen Restaurierungsmaßnahmen an der Großen Mainzer Jupitersäule wurden vom Landesmuseum Mainz der Inschriftenblock und eine der fünf Säulentrommeln zu YXLON gebracht, um anhand von CT-Scans Material und Methodik der Restaurierung von 1905 zu erkennen. Entstanden zwischen 59 und 65 n. Chr. wurde sie Jupiter zum Heil Neros geweiht und vermutlich im 4. Jahrhundert bewusst zerstört. Fast 2.000 Bruchstücke wurden 1904/05 in Mainz gefunden und von Ludwig Lindenschmit (d. J.) in aufwändiger Arbeit zusammengefügt. Dabei verwendete er für den Zusammenhalt, die Stabilität und die Füllung neben den Originalsteinen Gips, Backsteine, Drähte und Klammern.*

*Bild 2a: Der 1.400 kg schwere Sockelquader auf dem Drehteller zwischen Linearbeschleuniger und Detektor im Hattinger Strahlenschutzbunker  
Bild 2b: Die Säulentrommel (900 kg) wird mit einem 5-Tonnen-Gabelstapler vorsichtig angehoben, um im CT-System platziert zu werden.*



2D-Schnittbild der Säulentrommel: Gut zu erkennen sind die verschiedenen Materialien, aus denen die Säule zusammengefügt ist – Originalsandstein (hell), Hohlräume und Risse (schwarz), ältere Gipsergänzung (dunkelgrau), jüngere Gipsergänzung (hellgrau), Armierung aus Eisen (weißer Punkt).



Ein circa 60 Jahre alter Oldtimer-Zylinderkopf (50 cm hoch, 30 kg schwer) wurde mittels Computertomografie (Linearbeschleuniger und Zieldendektor) untersucht, um die Möglichkeiten einer Reparatur zu bewerten und einen Neuaufbau des Bauteils vorzubereiten. 2D-Schnitte und 3D-Volumen zeigen deutlich die nach heutigen Maßstäben schlechte Fertigungs-



qualität und die Folgen früherer Reparaturversuche: Schlackereste, Poren, Luftleinschlüsse, ungleichmäßige, erhöhte oder zu geringe Wandstärken sowie Undichtigkeiten sind im kompletten Bauteil zu finden. Auf Basis der CT-Daten konnte der Zylinderkopf nachkonstruiert und mit aktuellen Fertigungsmethoden neu abgegossen und aufgebaut werden.



Bild 4a: Neuaufbau und Originalzylinderkopf  
Bild 4b: 2D-Schnitte Neuaufbau (oben) und Originalzylinderkopf (unten) im Vergleich  
Bild 4c: 3D-Volumen des Originalzylinderkopfes

Doch nicht nur in der Produktion steigt die Nachfrage nach Computertomografie kontinuierlich. In Forschung & Entwicklung unterstützt die CT-Technologie zum Beispiel bei der Entwicklung neuer Materialien durch präzise Struktur- oder Faseranalysen. Prototypen können mit Hilfe von CT viel schneller erstellt werden, denn Soll-Ist-Vergleiche durch den direkten Abgleich des CT-Volumens mit den ursprünglichen CAD-Daten sind dank dieser Technologie schnell, und hochentwickelte Programme unterstützen den Anwender bei der Auswertung. Auch in Instituten und Museen kommen CT-Systeme immer häufiger zum Einsatz. Archäologische Fundstücke werden mittels Computertomografie genau analysiert, und die Bestimmung von Materialien, eventuellen Fremdkörpern oder sichtbaren Entstehungsphasen geben Hinweise auf historische Zusammenhänge. Museen in Japan und China haben bereits gigantische Röntgen-Systeme erworben, um damit detaillierte Untersuchungen an vorchristlichen Mumien durchzuführen.

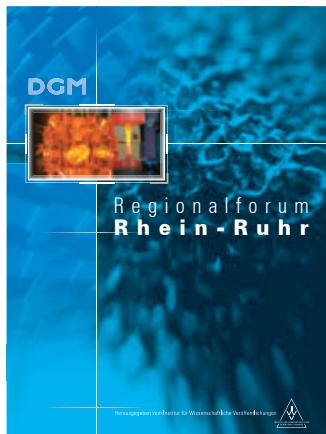
Lange Zeit wurden CT-Systeme speziell für die Anwendungen konzipiert, für die sie eingesetzt werden sollten. Entsprechend der zu prüfenden Teile werden die Leistungsstärke und der Brennfleck der Röntgenröhre bestimmt, der passende Detektor definiert und die Manipulationsachsen festgelegt. Heute werden darüber hinaus CT-Systeme angeboten, die für ein ganzes Spektrum von Prüfteilen geeignet sind. Computergestützte Manipulationsmethoden, spezielle Filter und immer bessere Algorithmen, die neuartige Technologien wie Helix-CT, Laminografie, horizontale und vertikale Messkreiserweiterungen und Ringartefakte-Korrekturen ermöglichen, erweitern die Applikationsbandbreite weiterhin.

YXLON Inspection Services in Hattingen ist mit verschiedenen Computertomografie-Systemen für nahezu jede Art von Anwendung ausgerüstet. Hier werden professionelle CT-Analysen als Dienstleistung angeboten, von außergewöhnlichen Applikationen bis hin zu

Kleinserien für die Qualitätssicherung. „Trotz unserer langjährigen Erfahrung und manchmal auch Routine gibt es immer wieder Aufträge, die besonders speziell sind und kleine Herausforderungen für unser Team darstellen. Aber genau diese Anwendungen machen unseren Job so spannend“, sagt Michael Allbrink, Director YXLON Inspection Services.

## KONTAKT

**YXLON International GmbH**  
Essener Bogen 15, D-22419 Hamburg  
Tel.: +49 40 52729 0  
Fax: +49 40 52729 170  
[yxlion@hbg.yxlion.com](mailto:yxlion@hbg.yxlion.com)  
[www.yxlion.com](http://www.yxlion.com)

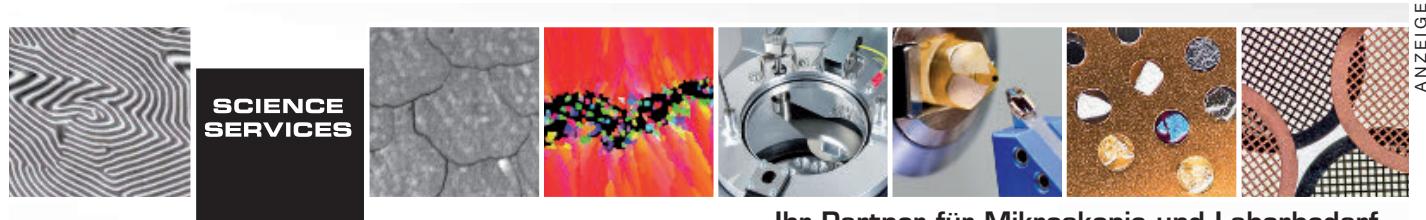


» <b>Ein neues Miteinander in der Materialforschung</b> .....	3
Vorwort von Prof. Dr.-Ing. Gunther Eggeler	
» <b>Mitglieder des DGM-Regionalforums Rhein-Ruhr</b> .....	10
Eine Übersicht	
» <b>Mitglieder der Jung-DGM</b> .....	16
in alphabetischer Reihenfolge	
» <b>Aktivitäten des DGM-Regionalforums Rhein-Ruhr</b> .....	18
Zur Geschichte der Jahrestreffen	
» <b>Aktivitäten der Jung-DGM Rhein-Ruhr</b> .....	21
Die Nachwuchswissenschaftler der DGM	
<b>Standorte des Regional-Forums</b>	
» <b>Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)</b> .....	23
Das DLR und das DLR-Institut für Werkstoff-Forschung .....	24
» <b>Forschungszentrum Jülich GmbH</b> .....	27
■ Das Institut für Energie- und Klimaforschung, Werkstoffsynthese und Herstellungsverfahren (IEK-1) .....	28
■ Das Institut für Energie- und Klimaforschung, Werkstoffstruktur und -eigenschaften (IEK-2) .....	30
» <b>Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH (MPIE), Düsseldorf</b> .....	33
■ Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH (MPIE), Düsseldorf .....	34
■ Abteilung Computergestütztes Materialdesign der Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH .....	37
» <b>Ruhr-Universität Bochum</b> .....	39
■ Das Institut für Werkstoffe (IFW) der Ruhr-Universität Bochum und seine Partner in Lehre und Forschung .....	40
■ Lehrstuhl Werkstoffe der Mikrotechnik, Institut für Werkstoffe .....	42
■ Lehrgebiet Werkstoffprüfung, Institut für Werkstoffe .....	44
■ Lehrstuhl Werkstofftechnik, Institut für Werkstoffe .....	48
■ Lehrstuhl Werkstoffwissenschaft, Institut für Werkstoffe .....	50
■ ICAMS – Interdisciplinary Centre for Advanced Materials Simulation .....	52
■ Der Lehrstuhl Materials Design der Ruhr-Universität Bochum .....	56
» <b>RWTH Aachen University</b> .....	59
■ Institut für Metallkunde und Metallphysik .....	60
■ Gemeinschaftslabor für Elektronenmikroskopie .....	62
■ Ernst Ruska-Centrum (ER-C) für Mikroskopie und Spektroskopie mit Elektronen .....	64
■ Lehrstuhl Physik neuer Materialien .....	66
■ Lehrstuhl für Werkstoffchemie (Materials Chemistry – MCh) .....	68
» <b>Technische Universität Dortmund</b> .....	71
■ Institut für Umformtechnik und Leichtbau .....	72
■ Fachgebiet Werkstoffprüftechnik (WPT) .....	76
■ Lehrstuhl für Werkstofftechnologie .....	78
» <b>Universität Duisburg-Essen</b> .....	81
■ Lehrstuhl Werkstofftechnik .....	82
■ Institut für Materialwissenschaft .....	84

» Universität Paderborn « .....	87
■ Lehrstuhl für Technische und Makromolekulare Chemie – Strukturen, Kräfte und Prozesse an Materialgrenzflächen .....	88
» Universität Siegen « .....	91
■ Lehrstuhl für Materialkunde und Werkstoffprüfung .....	92
■ Lehrstuhl für Werkstoffsysteme für den Fahrzeugleichtbau .....	94
■ Lehrstuhl für Oberflächen- und Werkstofftechnologie .....	96
» Industrie « .....	98
■ HAL (Hydro Aluminium Rolled Products GmbH) F&E Bonn .....	98

## » Die Inserenten «

■ AMETEK Germany GmbH .....	www.zygo.de .....	58
■ AMETEK GmbH .....	www.solartronanalytical.com .....	80
■ B&W Tek Europe GmbH .....	www.bwtek.com .....	26
■ Belec Spektrometrie Opto-Elektronik GmbH .....	www.belec.de .....	65
■ Böllhoff Verbindungstechnik GmbH .....	www.boellhoff.com .....	8 9
■ Edmund Bühler GmbH .....	www.edmund-buehler.de .....	83
■ Carbolite Gero GmbH & Co. KG .....	www.carbolite-gero.de .....	100   U3
■ DGZfP .....	www.dgzfp.de .....	43
■ EMCO-TEST Prüfmaschinen GmbH .....	www.emcotest.com .....	90
■ FEI Electron Optics BV .....	www.FEI.com/Talos .....	26
■ HORIBA Scientific .....	www.horiba.com .....	41
■ InfraTec GmbH .....	www.InfraTec.de .....	46 47
■ LOT-QuantumDesign GmbH .....	www.lot-qd.com .....	U4
■ Oerlikon Surface Solutions AG .....	www.oerlikon.com/balzers .....	17
■ PVA Industrial Vacuum Systems GmbH .....	www.pvatepla.com .....	58
■ Retsch GmbH .....	www.retsch.de .....	74 75
■ Science Services GmbH .....	www.ScienceServices.de .....	7
■ SPECTRO Analytical Instruments GmbH .....	www.spectro.com .....	54 55
■ YXLON International GmbH .....	www.yxlon.de   www.yxlon.com .....	4 5   U2
■ Carl Zeiss Microscopy GmbH .....	www.zeiss.com .....	12 13



ANZEIGE

SCIENCE SERVICES

Ihr Partner für Mikroskopie und Laborbedarf

Einbettmedien TEM-Grids Diamantmesser Ultramikrotome Aufbewahrung Mikroskopie Materialstandards Beschichtungssysteme Kathoden Pinzetten Klinge rockenstation **Probenvorbereitung** Schleifzubehör Einbettmedien Ult M-Grids Diamantmesser Ultramikrotome Aufbewahrung Eichstandards & Testobjekte Plasmacleaner Klingen **Mikroskopie** Trockenstation Schleifzubör Probenhalter Mikro-Werkzeuge Einbettmedien TEM-Grids Diaman

Science Services GmbH · Unterhachinger Str. 75 · 81737 München · Tel: 089 18 93 668 0  
Fax: 089 18 93 668 29 · Email: [Info@ScienceServices.de](mailto:Info@ScienceServices.de) · Internet: [www.ScienceServices.de](http://www.ScienceServices.de)

## » Qualität als Firmenphilosophie «

*Als internationaler Dienstleister mit eigener Produktion und Entwicklung gehören wir zu den führenden Anbietern von Verbindungselementen, Montagetechnik und Verarbeitungssystemen. Das Sortiment umfasst mehr als 100.000 Artikel: von der Standardschraube über kundenindividuelle Verbindungselemente bis hin zu vollautomatischen Montagesystemen.*

Unser Qualitäts- und Umweltmanagementsystem ist ein wichtiger Baustein unserer Unternehmensphilosophie, das wir kontinuierlich weiterentwickeln und regelmäßig nach neuesten Standards auditieren und zertifizieren lassen. Das ausgeprägte Qualitäts- und Umweltbewusstsein zeigt sich unter anderem in der Akkreditierung unseres firmeneigenen Labors gemäß DIN EN ISO/IEC 17025 durchgehend seit 1998. Die Akkreditierung ist der Nachweis, dass unser physikalisch-technisches Labor auf dem weltweit höchsterreichbaren Kompetenzniveau arbeitet, unsere Produkte unabhängig auf ihre Qualität geprüft und Kundendaten bzw. -bauteile vertrauensvoll behandelt werden.

### Akkreditiert für die Sicherheit

Die Akkreditierung gemäß DIN EN ISO/IEC 17025 stellt sicher, dass das Böllhoff Labor den maßgeblichen Richtlinien zur Qualitätsicherung folgt, insbesondere die Anforderungen an die Weiterbildung des Prüfpersonals und die Qualität der Versuchs- und Messeinrichtungen einhält.

In regelmäßigen Abständen werden nach der Reakkreditierung weitere Überwachungen der Prüfprozesse und der Dokumentation durchgeführt. Dadurch ist der fachgerechte Ablauf der Prüfungen nach dem aktuellen Stand der Technik sichergestellt. Aufgrund besonders guter Erfüllung der Akkreditierungsvorgaben wurde dem Böllhoff Labor 2013 von der Deutschen Akkreditierungsstelle (DAkkS) die flexible Akkreditierung Kategorie III zuerkannt. Das bedeutet für unser Labor einen weiteren Kompetenznachweis und für unsere Kunden Sicherheit zu jeder Zeit.

Modern ausgestattet und mit kompetentem Prüfpersonal bietet das Böllhoff Labor mit integriertem Musterbau das komplette Spektrum rund um die zerstörende Prüfung und Schadensuntersuchung von Befestigungs- und Verbindungselementen sowie Bemusterung von Fügeverbindungen an. Unsere Kunden und sämtliche Bereiche der Böllhoff Gruppe profitieren von dem werkstoff- und prüftechnischen Know-how des Labors. Werfen Sie einen Blick in unseren Auszug des Leistungskatalogs:

#### Mechanisch-technologische Prüfungen

- Zug- und Druckversuche bis 400 kN Prüfkraft
- Reibwertuntersuchung
- Schadensuntersuchung

#### Physikalische Prüfungen

- Schichtdickenmessung – Röntgenfluoreszenzverfahren
- Werkstoffanalyse – Funkenemissionsspektroskopie

#### Chemische Prüfungen

- Prüfung auf Cr(VI)-Haltigkeit von Beschichtungen

Sie haben eine entsprechende Anforderung? Das Prüflabor nimmt neben Versuchen im Auftrag der Böllhoff Gesellschaften auch gerne Aufträge von externen Auftraggebern entgegen. Kundenspezifische Anforderungen sind eine besondere Herausforderung, die wir uns gerne stellen.

■ Nutzen Sie den QR-Code für detaillierte Informationen!



#### KONTAKT

##### Böllhoff Verbindungstechnik GmbH

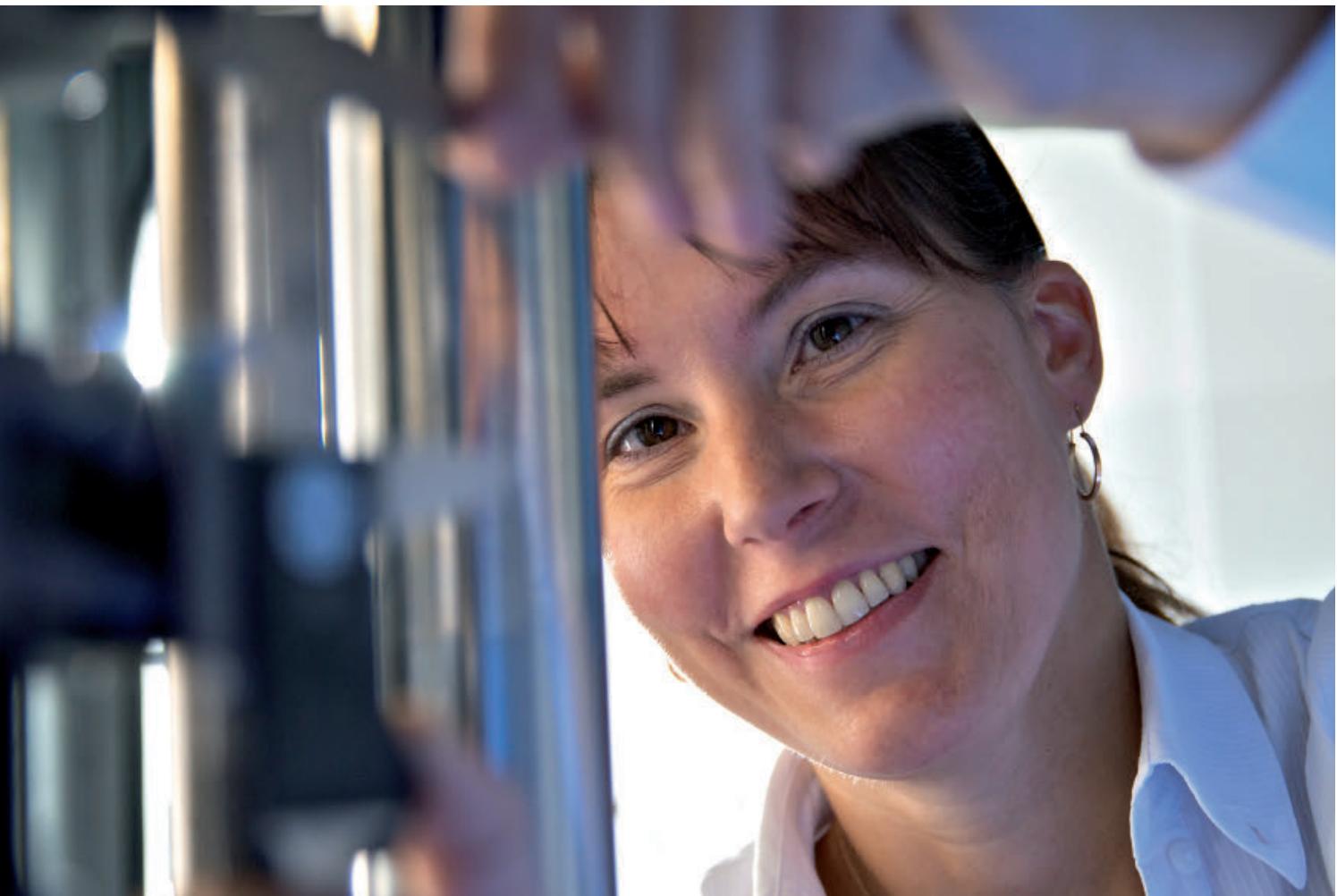
Autor:

Annette Löwen, Teamleitung Marketing  
[aloewen@boellhoff.com](mailto:aloewen@boellhoff.com)

Labor:

Cornelia Heermant, Leitung Labor  
[cheermant@boellhoff.com](mailto:cheermant@boellhoff.com)  
[www.boellhoff.com](http://www.boellhoff.com)

# WORT HALTER



**Verantwortlich. Nachhaltig. Erfolgreich.**

Auf Ihre individuellen Anforderungen einzugehen und diese optimal umzusetzen, ist der Mittelpunkt unseres Handelns seit Generationen. Die partnerschaftliche Zusammenarbeit mit Ihnen bildet die Basis für den gemeinsamen Erfolg – heute und in Zukunft. Sprechen Sie mit uns.

**Begeisterung für erfolgreiche Verbindungen.**

Böllhoff Gruppe | Archimedesstr. 1–4  
33649 Bielefeld | [www.boellhoff.de](http://www.boellhoff.de)

**BÖLLHOFF**

# » Mitglieder des DGM-Regionalforums Rhein-Ruhr «



Der Beitrag der RWTH Aachen University beginnt auf Seite 59.



Der Beitrag der Technischen Universität Dortmund beginnt auf Seite 71.

## *RWTH Aachen University*

### **■ Prof. Dr. Sandra Korte-Kerzel**

■ Institut für Metallkunde und Metallphysik  
RWTH Aachen University  
Kopernikusstraße 14  
52074 Aachen  
Telefon: 0241 8026860  
Korte-Kerzel@imm.rwth-aachen.de

### **■ Prof. Dr. Joachim Mayer**

■ Gemeinschaftslabor  
für Elektronenmikroskopie (GFE)  
RWTH Aachen University  
Ahornstraße 55  
52074 Aachen  
Telefon: 0241 8024345  
mayer@gfe.rwth-aachen.de

### **■ Prof. Jochen M. Schneider, Ph.D.**

■ Materials Chemistry  
RWTH Aachen University  
Kopernikusstr. 10  
Raum 02-221  
52074 Aachen  
Telefon: 0241 8025966  
schneider@mch.rwth-aachen.de

### **■ Prof. Dr. Matthias Wuttig**

■ I. Physikalisches Institut (IA)  
RWTH Aachen University  
Sommerfeldstraße 14  
52074 Aachen  
Telefon: 0241 8027155  
wuttig@physik.rwth-aachen.de

## *TU Dortmund*

### **■ Prof. Dr.-Ing. A. Erman Tekkaya**

■ Institut für Umformtechnik und Leichtbau  
Technische Universität Dortmund  
Campus Süd  
Baroper Straße 301  
Geschossbau IV, Raum 408  
44227 Dortmund  
Telefon: 0231 7552681  
Erman.Tekkaya@iul.tu-dortmund.de

### **■ Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.Ing. Wolfgang Tillmann**

Technische Universität Dortmund  
■ Lehrstuhl für Werkstofftechnologie  
Maschinenbau II  
Campus Nord, Raum 115  
Leonhard-Euler-Straße 2  
44227 Dortmund  
Telefon: 0231 7552581  
wolfgang.tillmann@udo.edu

### **■ Prof. Dr.-Ing. habil. Frank Walther**

Technische Universität Dortmund  
Institut für Konstruktion und Werkstoffprüfung  
(IKW)  
■ Fachgebiet Werkstoffprüftechnik (WPT)  
Maschinenbau III  
Campus Süd  
Baroper Straße 303  
44227 Dortmund  
Telefon: 0231 7558028  
frank.walther@tu-dortmund.de



Der Beitrag des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt beginnt auf Seite 23.



Der Beitrag des Forschungszentrums Jülich beginnt auf Seite 27.

## Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

### ■ Prof. Dr.-Ing. Marion Bartsch

■ Experimentelle und Numerische Methoden,  
Institut für Werkstoff-Forschung  
Linder Höhe  
51147 Köln  
02203 6012436  
marion.bartsch@dlr.de

### ■ Prof. Dr.-Ing. Uwe Schulz

■ Hochtemperatur und Funktionsschichten,  
Institut für Werkstoff-Forschung  
Linder Höhe  
51147 Köln  
Telefon: 02203 6012543  
uwe.schulz@dlr.de

## Forschungszentrum Jülich GmbH

### ■ Prof. Dr.-Ing. habil. Olivier Guillou

■ IEK-1: Werkstoffsynthese und Herstellungsverfahren  
Forschungszentrum Jülich GmbH  
Postfach 1913  
52425 Jülich  
Telefon: 02461 615181  
o.guillou@fz-juelich.de

### ■ Dr.-Ing. Georg Mauer

■ IEK-1: Werkstoffsynthese und Herstellungsverfahren  
Forschungszentrum Jülich GmbH  
Postfach 1913  
52425 Jülich  
Telefon: 02461 615671  
g.mauer@fz-juelich.de

### ■ Prof. Dr.-Ing. Lorenz Singheiser

■ IEK-2: Werkstoffstruktur und -eigenschaften  
Forschungszentrum Jülich GmbH  
Postfach 1913  
52425 Jülich  
Telefon: 02461 615565  
l.singheiser@fz-juelich.de

### ■ Prof. Dr. rer. nat. Robert Vaßen

■ IEK-1: Werkstoffsynthese und Herstellungsverfahren  
Forschungszentrum Jülich GmbH  
Postfach 1913  
52425 Jülich  
Telefon: 02461 616108  
r.vassen@fz-juelich.de

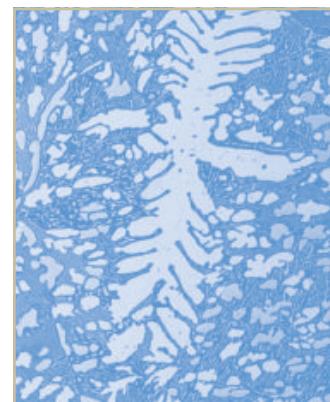
## Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH (MPIE)

### ■ Prof. Dr. rer. nat. Gerhard Dehm

■ Director of the Structure and Nano-/Micromechanics of Materials Department  
Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH  
Max-Planck-Straße 1  
40237 Düsseldorf  
Telefon: 0211 6792217  
dehm@mpie.de

### ■ Dr. Christian Liebscher

■ Adv. Transmission Electron Microscopy / Structure and Nano-/Micromechanics of Materials Department  
Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH  
Max-Planck-Straße 1  
40237 Düsseldorf  
Telefon: 0211 6792962  
liebscher@mpie.de



Der Beitrag des Max-Planck-Instituts für Eisenforschung GmbH beginnt auf Seite 31.

# » ZEISS Microscopy – Multiskalige 3D-Mikroskopie aus einer Hand «

**ZEISS Microscopy bietet einzigartige Lösungen für die Mikroskopie von morgen an. Vernetzte Mikroskope erlauben es, Materialien über mehrere Längenskalen – vom Millimeter bis zum Nanometer – in drei Dimensionen (3D) zu charakterisieren. Die gewonnenen Erkenntnisse über Mikrostruktur und Zusammensetzung ermöglichen es, Eigenschaften und Verhaltensweisen von Werkstoffen besser zu verstehen und effizienter zu optimieren.**

## Röntgenmikroskopie

Röntgenmikroskope der Xradia Versa Produktfamilie eignen sich für zerstörungsfreie Analysen mit einer räumlichen Auflösung bis zu 700 nm. Eine Hochleistungs-labrorröntgenquelle dient der Durchleuchtung des zu untersuchenden Objektes. Die resultierende Projektion auf einem hochempfindlichen Röntgendetektor wird, in einer zweiten Vergrößerungsstufe, mit einem Objektiv weitervergrößert. Im Experiment wird die Probe einmal um 360° gedreht und dabei aus vielen verschiedenen Richtungen beobachtet. Aus den Röntgenaufnahmen lässt sich das gescannte Volumen rekonstruieren.

Durch mehrmaliges Vermessen einer Probe im ZEISS Xradia Versa können zeitabhängige oder *in situ* Experimente durchgeführt werden, um die Auswirkungen von Temperatur, Oxidation, Feuchtigkeit oder mechanischer Belastung zu bestimmen.

Erst letztes Jahr wurde ein optionales Modul für die Beugungskontrasttomographie (DCT) am ZEISS Xradia Versa in den Markt eingeführt. Dieses innovative Modul trägt den Namen LabDCT. Mit LabDCT ist erstmals das zerstörungsfreie 3D-Kristall-Mapping einer Probe im Labor möglich. Zuvor waren solche Experimente nur am Synchrotron realisierbar. LabDCT eröffnet neue Möglichkeiten zur Charakterisierung von Beschädigungen, Verformungen und Wachstumsmechanismen in Polykristallen.

## FIB/SEM-Mikroskope

Für höherräumliche 3D-Studien bis in den Nanometer-Bereich hinein bietet ZEISS Micro-

scopy Zweistrahlf-FIB/SEM-Anlagen der Crossbeam Familie an. Diese Geräte verbinden die hervorragenden Abbildungs- und Analysemöglichkeiten eines GEMINI-Raster-elektronenmikroskops (SEM) mit den Bearbeitungsmöglichkeiten im Nanomaßstab eines fokussierten Ionenstrahls (FIB).



Mit dem FIB kann an gezielten Stellen in die Probe hinein geschnitten werden. Diese Querschnitte werden mit dem SEM abgebildet, um Einblicke in das Probeninnere zu gewinnen. Die FIB/SEM-Tomographie stellt eine Erweiterung hiervon dar. In einem automatischen Prozess wird dabei mit dem FIB das Zielvolumen Scheibe für Scheibe abgetragen und nach jedem FIB-Schnitt ein SEM-Bild des Querschnitts aufgenommen. Auf diese Art und Weise entsteht ein Bilderstapel, aus dem mit 3D-Visualisierungssoftware die Morphologie des ursprünglichen Probenvolumens rekonstruiert werden kann.

Informationen über chemische Elementzusammensetzung und Kristallographie des

Volumens können jeweils mittels energiedispersiver Röntgenspektroskopie (EDS) und Elektronenrückstreuung (EBSD) ebenfalls gewonnen werden.

## Korrelation in 3D

Im Anschluss an das Experiment im Röntgenmikroskop können bestimmte ausgesuchte Bereiche der Probe auf dem FIB/SEM-Mikroskop höher aufgelöst (auch mit EDS und EBSD) untersucht werden. Das gezielte Lokalisieren dieser kleinen Bereiche, die oftmals nur weniger als ein Milliardstel des gesamten Probenvolumens einnehmen, ist eine große Herausforderung. Sie gleicht der „Suche nach der Nadel im Heuhaufen“. ZEISS hat effiziente korrelative Verfahren entwickelt, um dieses Problem zu lösen. Diese verbinden nahtlos beide Plattformen und gestatten dadurch die einfache multimodale und multiskalige 3D-Mikroskopie der Zukunft.

## KONTAKT

### Carl Zeiss Microscopy GmbH

ZEISS Group

Dr. Sabine Lenz

Carl-Zeiss-Straße 22

D-73447 Oberkochen

Tel.: +49 7364 2062201

[sabine.lenz@zeiss.com](mailto:sabine.lenz@zeiss.com)

[www.zeiss.com/microscopy](http://www.zeiss.com/microscopy)

# Speeding up FIB-tomography.

ZEISS Crossbeam

// INSPIRATION  
MADE BY ZEISS



## Your FIB-SEM for high throughput nanotomography

Enjoy high productivity with an open 3D nano-workstation. With ZEISS Crossbeam you experience an outstanding combination of imaging performance and analytical power. Process any sample on a nanoscopic scale with the next-generation FIB.

[www.zeiss.com/crossbeam](http://www.zeiss.com/crossbeam)



# ➤➤➤➤➤➤➤ Mitglieder des Regionalforums

## ■ Prof. Dr. rer. nat. Jörg Neugebauer

■ Director of the  
Computational Materials Design Department  
Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH  
Max-Planck-Straße 1  
40237 Düsseldorf  
Telefon: 0211 6792982 bzw. 6792570  
neugebauer@mpie.de

## ■ Prof. Dr.-Ing. Dierk Raabe

■ Director of the Department  
Microstructure Physics and Alloy Design  
Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH  
Max-Planck-Straße 1  
40237 Düsseldorf  
Telefon: 0211 6792340 bzw. 6792278  
raabe@mpie.de

## ■ Prof. Dr. rer. nat. Christina Scheu

■ Nanoanalytics and Interfaces  
Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH  
Max-Planck-Straße 1  
40237 Düsseldorf  
Telefon: 0211 6792720  
scheu@mpie.de



Der Beitrag der Universität Siegen  
beginnt auf Seite 91.

## ■ Prof. Dr.-Ing. habil. Hans-Jürgen Christ

■ Lehrstuhl für Materialkunde und  
Werkstoffprüfung  
Institut für Werkstofftechnik  
Universität Siegen  
Paul-Bonatz-Straße 9–11  
57068 Siegen  
Telefon: 0271 7404657 bzw. 7404658  
hans-juergen.christ@uni-siegen.de

## ■ Prof. Dr. rer. nat. habil. Xin Jiang

■ Lehrstuhl für Oberflächen- und Werkstoff-  
technologie  
Institut für Werkstofftechnik  
Universität Siegen  
Paul-Bonatz-Straße 9–11  
57076 Siegen  
Telefon: 0271 740 2966  
xin.jiang@uni-siegen.de



Der Beitrag der Ruhr-Universität Bochum  
beginnt auf Seite 39.

## Universität Siegen

### ■ Prof. Dr. rer. nat. Robert Brandt

■ Lehrstuhl für Werkstoffsysteme für den  
Fahrzeugeichtbau  
Institut für Werkstofftechnik  
Universität Siegen  
Am Eichenhang 50  
57076 Siegen  
Telefon: 0271 7402032  
robert.brandt@uni-siegen.de

## Ruhr-Universität Bochum

### ■ Prof. Dr. rer. nat. Ralf Drautz

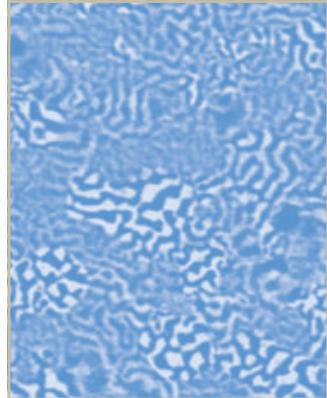
■ Lehrstuhl Atomistische Modellierung und  
Simulation, ICAMS  
Ruhr-Universität Bochum  
Geb. ICFW 02/521  
Universitätsstraße 150  
44801 Bochum  
Telefon: 0234 3229308  
ralf.drautz@rub.de

### ■ Prof. Dr.-Ing. Gunther Eggeler

■ Lehrstuhl Werkstoffwissenschaft  
Institut für Werkstoffe  
Fakultät für Maschinenbau  
Ruhr-Universität Bochum  
Geb. ICFO 04/311  
Universitätsstraße 150  
44801 Bochum  
Telefon: 0234 3223022  
gunther.eggeler@rub.de

## ■ Prof. Dr. Easo P. George

■ Lehrstuhl Materials Design  
Ruhr-Universität Bochum  
Geb. ICFO 05/309  
Universitätsstraße 150  
44801 Bochum  
Telefon: 0234 3225902  
easo.george@rub.de



Der Beitrag der Universität Duisburg-Essen  
beginnt auf Seite 81.

## ■ Prof. Dr. rer. nat. Alexander Hartmaier

■ Lehrstuhl Werkstoffmechanik, ICAMS  
Ruhr-Universität Bochum  
Geb. ICFW 02/517  
Universitätsstraße 150  
44801 Bochum  
Telefon: 0234 3229314  
alexander.hartmaier@rub.de

## ■ Prof. Dr.-Ing. Alfred Ludwig

■ Werkstoffe der Mikrotechnik  
Fakultät für Maschinenbau  
Ruhr-Universität Bochum  
Geb. ICFO 03/225  
Universitätsstraße 150  
44801 Bochum  
Telefon: 0234 3227492  
alfred.ludwig@rub.de

## ■ Prof. Dr.-Ing. Michael Pohl

■ Werkstoffprüfung  
Ruhr-Universität Bochum  
Geb. ICFO 03/353  
Universitätsstraße 150  
44801 Bochum  
Telefon: 0234 3225905  
pohl@wp.rub.de

## ■ Prof. Dr. rer. nat. Ingo Steinbach

■ Lehrstuhl Werkstoffsimulation, ICAMS  
Ruhr-Universität Bochum  
Geb. ICFW 02/509  
Universitätsstraße 150  
44801 Bochum  
Telefon: 0234 3229315  
ingo.steinbach@rub.de

## ■ Prof. Dr.-Ing. Werner Theisen

■ Lehrstuhl Werkstofftechnik  
Fakultät für Maschinenbau  
Ruhr-Universität Bochum  
Geb. ICFO 03/311  
Universitätsstraße 150  
44801 Bochum  
Telefon: 0234 32-25963  
wth@wtech.rub.de

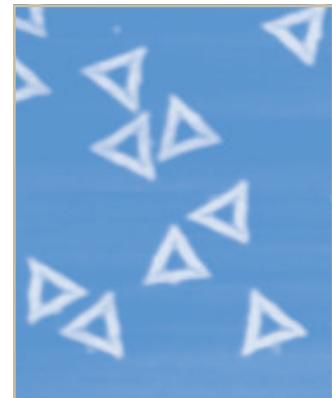
## Universität Duisburg-Essen

### ■ Prof. Dr.-Ing. Alfons Fischer

■ Werkstofftechnik  
Universität Duisburg-Essen  
Lotharstraße 1  
47057 Duisburg  
Telefon: 0203 3794373  
alfons.fischer@uni-due.de

### ■ Prof. Dr. rer. nat. habil. Doru C. Lupascu

■ Institut für Materialwissenschaft  
Universität Duisburg-Essen  
Geb. V15, 5. Etage, gelber Gang S05  
Universitätsstraße 15  
45141 Essen  
Telefon: 0201 1832689  
doru.lupascu@uni-due.de



Der Beitrag der Universität Paderborn  
beginnt auf Seite 87.

## Universität Paderborn

### ■ Prof. Dr.-Ing. Guido Grundmeier

■ Lehrstuhl für Technische und Makromolekulare  
Chemie  
Fakultät für Naturwissenschaften  
Universität Paderborn  
Warburger Straße 100  
33098 Paderborn  
Telefon: 05251 605700 (Sekretariat: -5702)  
g.grundmeier@tc.upb.de

## Industrie

### ■ Prof. Dr.-Ing. Jürgen Hirsch

■ Hydro Aluminium Rolled Products GmbH  
Research & Development Bonn  
Georg-von-Boeselager-Straße  
53117 Bonn  
Telefon: 0228 5522704  
Juergen.Hirsch@hydro.com

Der Beitrag der Industrie beginnt auf  
Seite 98.

# » Mitglieder der Jung-DGM «

*in alphabetischer Reihenfolge*

■ **Boeff, Martin**

Ruhr-Universität Bochum  
martin.boeff@rub.de

■ **Diehl, Martin**

MPIE Düsseldorf  
m.diehl@mpie.de

■ **Engels, Philipp Simon**

Ruhr-Universität Bochum  
philipp.s.engels@rub.de

■ **Freitag, Christian**

Universität Siegen  
christian.freitag@uni-siegen.de

■ **Grätz, Kathrin**

MIT Boston, RWTH Aachen  
graetz@mit.edu

■ **Imran, Muhammad**

TU Dortmund  
muhammad.imran@tu-dortmund.de

■ **Klein, Dr. rer. nat. Stefan**

DLR Köln  
stefan.klein@dlr.de

■ **Kühbach, Markus**

RWTH Aachen University  
kuehbach@imm.rwth-aachen.de

■ **Langenberg, Julius**

RWTH Aachen University  
julius91@gmx.de

■ **Naunheim, Yannick**

RWTH Aachen University  
yannick.naunheim@rwth-aachen.de

■ **Tenkamp, Jochen**

TU Dortmund  
jochen.tenkamp@tu-dortmund.de

■ **Schmiedt, Anke**

TU Dortmund  
anke.schmiedt@tu-dortmund.de

■ **Scholz, Ronja Victoria**

TU Dortmund  
ronja.scholz@tu-dortmund.de

■ **Wambach, Matthias**

Ruhr-Universität Bochum  
matthias.wambach@rub.de

■ **Wittke, Philipp**

TU Dortmund  
philipp.wittke@tu-dortmund.de

■ **Zglinski, Jenni Kristin**

Ruhr-Universität Bochum  
jenni.zglinski@rub.de

## » Oerlikon Balzers: Partner der Wissenschaft <

*Bauteile in Motoren von Formel Eins Boliden, Flugzeugturbinen, Badarmaturen, Präzisions- und Umformwerkzeuge und Schweizer Uhren haben eine Gemeinsamkeit: Sie werden mit Technologie von Oerlikon Balzers beschichtet. Bereits der Gründer des Unternehmens, Prof. Max Auwärter, vereinte Unternehmergeist und wissenschaftliche Neugier. Bis heute prägen diese Eigenschaften Oerlikon Balzers, das heute als Teil des Surface Solutions Segments der Oerlikon Gruppe zusammen mit der Schwestermarke Oerlikon Metco mehr als 140 Standorte in 37 Ländern und rund 6.000 Mitarbeitende umfasst.*

„**M**ehr als 100 Mitarbeitende, die meisten davon in Liechtenstein, sind allein im Bereich der Forschung und Entwicklung tätig. Wir sind stolz darauf, und es ist für uns auch sehr wichtig, dass sie an der Spitze der Wissenschaft mit dabei sind, regelmäßig publizieren und als Experten zu internationalen Fachkongressen eingeladen werden. Das garantiert den offenen Blick und den Austausch mit der Industrie“, so Helmut Rudiger, Chief Technology Officer bei Oerlikon Balzers.

Entsprechend eng ist die Zusammenarbeit von Oerlikon Balzers mit industrienahen und universitären Forschungsinstituten verschiedener Ausprägung. So arbeitet Oerlikon Balzers eng mit Einrichtungen zusammen, die wie das Unternehmen selbst im Bereich der Schichtentwicklung forschen, aber auch mit solchen, die vor allem in den Anwendungen tätig sind, darunter besonders mit der Fachrichtung Maschinenbau. Verschiedene Institute verwenden Oerlikon Balzers Beschichtungsanlagen, um ihre Forschungen weiter voran zu treiben.

Zur ersten Gruppe gehören unter anderem der Lehrstuhl für Werkstoffchemie der RWTH Aachen, das Christian-Doppler-Labor für Anwendungsorientierte Schichtentwicklung der Technischen Universität Wien und die Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt EMPA in Dübendorf. „Hier geht es vor allem um Grundlagenforschung im Bereich Plasmaphysik, Beschichtungstechnologie und Materialwissenschaften.“ Zentrale Frage ist dabei die Entwicklung neuer Schichtmaterialien, deren physikalische Eigenschaften und



potenzielle Einsatzgebiete. „Bei bestimmten Schichten sind unsere wissenschaftlich arbeitenden Mitarbeiter bei Oerlikon Balzers selbst die Experten – bei anderen wiederum verlassen wir uns auf die Zusammenarbeit mit Forschungsinstituten“, so Helmut Rudiger.

Zur Unterstützung der Schichtentwicklung für Präzisionswerkzeuge steht das hauseigene Zerspanungslabor am Hauptsitz in Liechtenstein zur Verfügung. Für weitere hochspezialisierte Anwendungen wie beispielsweise Verzahnung oder Umformung hat Oerlikon Balzers Partnerschaften mit anwendungsorientierten Instituten – darunter dem Werkzeugmaschinenlabor (WZL) der RWTH Aachen, dem Institut für Produktionstechnik und Umformmaschinen (PtU) der Technischen Universität Darmstadt, dem Institut für Werkzeug-

maschinen und Fertigung (IWF) der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETH) oder dem Österreichischen Gießerei-Institut (ÖGI).

„Diese oft langjährigen und engen Kooperationen sind sehr wertvoll für uns, denn sie ermöglichen uns, dicht am Puls der Wissenschaft zu sein. Aktuelle Problemstellungen – neue

Materialien, neue Anwendungen, neue Technologien – werden an uns herangetragen und wir können diese in neue Schichtentwicklungen umsetzen. Davon profitieren sowohl wir als auch unsere wissenschaftlichen Partner – und im Endeffekt natürlich unsere Kunden aus der Industrie“, schließt Helmut Rudiger den Kreis.

– *Balzers, Liechtenstein, Februar 2016*

### KONTAKT

**Oerlikon Surface Solutions AG**  
Trübbach, Zweigniederlassung Balzers  
Balzers Technology & Service Centre  
Iramali 18  
LI-9496 Balzers  
Liechtenstein  
[www.oerlikon.com/balzers](http://www.oerlikon.com/balzers)

# » Aktivitäten des DGM-Regionalforums Rhein-Ruhr «

## Antrag auf Einrichtung

Im Dezember 2012 stellte Gunther Eggeler (RUB) den Antrag an der Vorstand der DGM, ein Regionalforum Rhein-Ruhr einzurichten. Dieser Vorschlag wurde von den Forschungsinstituten (DLR, FZ Jülich und MPIE) und den Universitäten TU Dortmund, Universität Duisburg Essen, Universität Paderborn, RWTH Aachen, RUB und Universität Siegen mitgetragen. Außerdem unterstützte Prof. Jürgen Hirsch (Forschungszentrum Rolled Products, Hydro, Bonn) als Industrievertreter den Vorschlag. Der Antrag legte dar, dass die genannten Institutionen bereits durch eine Reihe von Verbundaktivitäten vernetzt sind (Universitätsverbünde, SFBs, Max-Planck Research Schools und andere) und sich auch in der Zukunft enger vernetzen wollen. Es wurde ausgeführt, dass das Regionalforum transparent arbeiten soll und für weitere DGM-Mitglieder offen ist. Zum Zeitpunkt der Antragstellung gab es an allen beteiligten Institutionen Aktivitäten, die man gut bündeln und in das DGM-Regionalforum integrieren kann. Dazu gehören Exkursionen, Schülerpreise, Karriereplanung, Regionale Tagungen für die Industrie etc. Es wurde vorgeschlagen, zwei Mal pro Jahr kurze, fokussierte, attraktive, gemeinsame Veranstaltung durchzuführen, unter Ein-

beziehung von wissenschaftlichem Nachwuchs und von Partnern aus der Industrie. Die Aktivitäten des Regionalforums Rhein-Ruhr werden mit dem Vorstand der DGM abgestimmt.

## Gründung

Das DGM-Regionalforum Rhein-Ruhr wurde auf dem DGM-Tag im Mai 2013 in Bochum gegründet. Zunächst stellte Gunther Eggeler die Idee bei der Mitgliederversammlung kurz vor. Die DGM-Mitglieder befürworteten durch Abstimmung die Einrichtung. Danach erfolgte die formale Gründung im DGM-Forum. Nach einem Grußwort und der Vorstellung aller Institute, die zum Regionalforum gehören, durch Dierk Raabe (MPIE) und Jochen Schneider (RWTH), erfolgte die offizielle Gründung des 3. DGM-Regionalforums durch Überreichung einer Urkunde und der Skulptur DGM-Netzwerker durch Geschäftsführer der DGM.

## Aktivitäten des Regionalforums

Heute kann man sagen, dass das DGM-Regionalforum Rhein-Ruhr von allen Mitgliedern als Bereicherung empfunden wird. Man hat engere Kontakte geknüpft, die nicht nur in den Treffen bestehen, sondern zum Beispiel auch darin, dass man sich gegenseitig über

**Abbildung 1:** Einführungsvortrag beim ersten Treffen des DGM-Regionalforums Rhein-Ruhr an der Ruhr-Universität Bochum.



interessante Veranstaltungen informiert. Die Jung-DGM Rhein-Ruhr, die sich selbst organisiert und über die gesondert berichtet wird, hat das DGM-Regionalforum bereichert. Die Standorte, die die Jahrestreffen ausrichten, haben die Gelegenheit, sich vorzustellen. Und vor allem der gemeinsame Abend zwischen zwei halben Veranstaltungstagen erfreut sich großer Beliebtheit; es wird dort frei über Standort- und Altersgrenzen hinweg diskutiert, und es gab sogar Mitglieder, die eigens für den gemeinsamen Abend anreisten.

Bislang fanden drei Jahrestreffen statt, die immer in der ersten Septemberwoche organisiert wurden. Dabei wurden Themenschwerpunkte gesetzt, wobei immer auch Vorträge dabei waren, die Gebiete außerhalb des zentralen Themas beleuchteten.

### Das erste Jahrestreffen

Das erste Treffen des DGM-Regionalforums Rhein-Ruhr fand am 5. und 6. September 2013 am Zentrum für IT-Sicherheit an der Ruhr-Universität Bochum statt. Das Treffen stand unter dem wissenschaftlichen Oberthema *Mikrostrukturbasierte Werkstoffentwicklung*, zu dem angeregt diskutiert wurde. Mitglieder von allen Standorten stellten ihre jeweiligen Aktivitäten und Kompetenzen vor, und es wurde deutlich, wie stark die erweiterte Rhein-Ruhr-Region in der Werkstoffforschung aufgestellt ist.

Das Bochumer Treffen stellte die erste konstituierende Sitzung des Regionalforums Rhein-Ruhr dar,

wo die Art des Wechselwirkens und der Zusammenarbeit besprochen wurde. Die standortübergreifende Natur des Regionalforums Rhein-Ruhr wurde ausdrücklich begrüßt. Es wurde angestrebt, in Zukunft auch die Industrie stärker einzubinden. Das Format des Jahrestreffens, mit einem gemeinsamen Abend (in Bochum fand dieser im Beckmanns Hof an der Ruhr-Universität statt) hat sich bewährt. Man kam in Bochum überein, dass jeder Standort einen Teil seiner Veranstaltungen für alle Mitglieder des Regionalforums öffnet. Außerdem wurde beschlossen, die Aktivitäten des wissenschaftlichen Nachwuchses, wo immer möglich, nach Kräften und unbürokratisch zu unterstützen.

### Das zweite Jahrestreffen

Das zweite Jahrestreffen des Regionalforums Rhein-Ruhr wurde am FZ Jülich organisiert. Es ging um das Rahmenthema *Werkstoffe und Energie*, das Treffen fand am 4. und 5. September 2014 statt. Herr Prof. Robert Vaßen vom Forschungszentrum Jülich hatte als Gastgeber zu dem zweitägigen Treffen eingeladen. Nach einer kurzen Einleitung informierte Frau Dipl.-Ing. Kathrin Grätz (RWTH) die Mitglieder des Treffens über die Aktivitäten des Jung-DGM Regionalforums Rhein-Ruhr, das sich etwa zeitgleich mit dem Regionalforum gegründet hatte. Dem Jung-DGM Regionalforum Rhein-Ruhr wurde noch einmal ausdrücklich die volle Unterstützung zugesichert. Seine Mitglieder sind zu allen Sitzungen eingeladen. Werkstoffe für die Energietechnik sind ein zeitlos wichtiges und interessantes Thema, das konnten



**Abbildung 2:** Zweites Treffen des DGM-Regionalforums Rhein-Ruhr am FZ Jülich.

alle Beiträge des Jülicher Treffens deutlich machen. Insbesondere konnte das FZ Jülich seine führende Stellung in der Materialforschung mit Energiebezug eindrucksvoll vorstellen.

Herr Prof. Harald Bolt gab eine Übersicht über die Forschungsaktivitäten in Jülich, die er sehr interessant in den aktuellen gesellschafts- und forschungspolitischen Gesamtzusammenhang zu stellen wusste. Prof. Olivier Guillon und Prof. Robert Vaßen stellten dann grundlegende und angewandte Forschung zu keramischen Schutzschichten vor. Prof. Lorenz Singheiser und Dr. Jochen Linke sprachen über den aktuellen Stand der Forschungen zu ferritischen und austenitischen Hochtemperaturwerk-

Brandt, Hans-Jürgen Christ und Xin Jiang im Artur-Woll-Haus der Universität Siegen ausgerichtet. Themenschwerpunkt war diesmal *Leichtbau*. Mitglieder der Jung-DGM Rhein Ruhr nahmen teil. Die Materialforscher der Universität Siegen konnten nicht nur hochkarätige wissenschaftliche Ergebnisse präsentieren, sondern auch eindrucksvoll ihre gute Vernetzung mit der Industrie des direkten Umlandes deutlich machen: Hochkarätige Werkstoff-Forschung mit direkter praktischer Relevanz, wichtig für die Region und ein leuchtendes Beispiel für andere. Beim Treffen kamen Fertigungs- und Anwendungsaspekte nicht zu kurz. Auch polymere Werkstoffe, Werkstoffverbunde und Formgedächtnislegierungen wurden mitbetrachtet. Von allen Standorten des

Regionalforums Rhein-Ruhr kamen Beiträge, die einen breiten Bogen von der Oberflächenchemie, über Beschichtung, Prozesstechnik und Umformtechnik, bis hin zur skaleneübergreifenden Werkstoffmodellierung spannten.

Das spiegelt wider, dass im Werkstoffland Nordrhein-Westfalen Materialforschung auf höchstem Niveau und vielschichtig betrieben wird. Die Sandwich-Struktur der Jahresveranstaltung, mit einem gemeinsamen geselligen Abend zwischen zwei ausgedehnten Vortragsblöcken am Nachmittag davor und am Morgen danach hat

sich – wie schon bei den beiden ersten Treffen – sehr bewährt. Die Gespräche und Diskussionen vor, während und nach dem gemeinsamen Abendessen zwischen Jung und Alt und zwischen Vertretern der verschiedenen Standorte und der verschiedenen Richtungen unseres Fachs verliefen angeregt und intensiv, sie bilden ein Wesensmerkmal der Jahresveranstaltungen des Regionalforums Rhein-Ruhr, und viele kommen nicht zuletzt deswegen.

#### Ausblick

*Ausblick auf vieres und fünftes Jahrestreffen, 2016 und 2017:* Die Mitglieder des Regionalforums Rhein-Ruhr freuen sich bereits auf das vierte Jahrestreffen, das von Dr. Jürgen Hirsch am 1. und 2. September 2016 bei der Hydro Aluminium Rolled Products, Research and Development in Bonn organisiert wird. Darüber hinaus hat Prof. Doru Lupascu bereits für 2017 nach Essen eingeladen.



**Abbildung 3:** Die Mitglieder des DGM-Regionalforums Rhein-Ruhr beim Jahrestreffen in Siegen 2015.

stoffen und zu Werkstoffen für den Fusionsreaktor. Glanzpunkte des Treffens waren die Vorträge von Herrn Prof. Erman Tekkaya zur Energie- und Ressourceneffizienz in der Fertigungstechnik und von Prof. Dr. Godehard Sutmann vom Jülicher Super Computing Center zum Hochleistungsrechnen in den Materialwissenschaften. Für die Abendveranstaltung hatte das FZ Jülich in sein Seecasino eingeladen. Bei einem guten Abendessen konnte wissenschaftlich weiterdiskutiert werden. Auch Entwicklungen im Bereich Materialwissenschaft und Werkstofftechnik im Werkstoffland Nordrhein-Westfalen wurden intensiv besprochen. Am Jülicher Treffen wurde auch beschlossen, die gemeinsame Broschüre zu erarbeiten, die hier jetzt vorliegt.

#### Das dritte Jahrestreffen

Das dritte Jahrestreffen des DGM-Regionalforums Rhein-Ruhr wurde am 3. und 4. September 2015 von den Siegener Werkstoffprofessoren Robert

# » Aktivitäten der Jung-DGM Rhein-Ruhr «

*Die Jung-DGM Rhein-Ruhr besteht aus Nachwuchswissenschaftlern an den Universitäten in Aachen, Bochum, Dortmund, Duisburg-Essen und Siegen, dem MPI für Eisenforschung in Düsseldorf und dem DLR in Köln. Ziel der Jung-DGM ist es, das werkstoffwissenschaftliche Potential der Region Rhein-Ruhr, in der sich neun Institute (inklusive dem FZ Jülich) im Bereich Werkstofftechnik und Materialkunde wiederfinden, zum fachwissenschaftlichen Austausch zu nutzen. Die unterschiedlichen fachlichen Ausrichtungen der beteiligten Wissenschaftler erlauben es uns insbesondere, neue Impulse zu erhalten und so neue Ideen und vielleicht auch neue Kooperationspartner zu finden.*

Pläne zur Einrichtung einer Jung-DGM in der Region Rhein-Ruhr gab es seit dem ersten DGM-Nachwuchsforum im Jahre 2012. Im darauf folgenden Jahr, beim nächsten Nachwuchsforum, wurden wir dann konkreter in unseren Gründungsbestrebungen und so organisierten Aenne Köster und Benjamin Reinholt vom ICAMS in Bochum im September 2013 einen Vortragsnachmittag zur Gründungsvorbereitung. Aufgrund des großen Interesses trafen wir uns ein zweites Mal um Details zu klären und unseren Antrag an den DGM-Vorstand zu formulieren. Seit der einstimmigen Annahme des Antrags durch den Vorstand im Dezember 2013 existiert unsere Jung-DGM. Vorsitzende war zunächst Kathrin Grätz, Doktorandin

am Institut für Metallkunde und Metallphysik der RWTH Aachen. Nachdem sie Anfang 2015 als Post-Doc an das MIT in Boston wechselte, ist Martin Diehl vom MPI für Eisenforschung Sprecher der Jung-DGM Rhein-Ruhr.

Seit dem Gründungstreffen in Aachen im Herbst 2013 haben wir uns im halbjährlichen Rhythmus in Köln, Bochum, Dortmund und Siegen getroffen. Unser bisher letztes Treffen fand gemeinsam mit der Sitzung des Regionalforums Rhein-Ruhr statt, so dass auch ein direkter Austausch mit den erfahrenen Wissenschaftlern möglich war. Da uns dieses Treffen besonders gut gefallen hat, planen wir, die



**Abbildung 1:** Das erste reguläre Treffen nach der Gründung beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. in Köln.

# ››››› Aktivitäten des Regionalforums



**Abbildung 2:** Teilnehmer des dritten Treffens im Sommer 2015 beim Fachgebiet Werkstoffprüfung (WPT), TU Dortmund.



Herbsttreffen in Zukunft immer gemeinsam abzuhalten, während wir uns am Jahresanfang wie gewohnt alleine als junge DGM treffen.

Unsere Sitzungen bieten allen Interessenten die Möglichkeit, ihre Arbeit im Rahmen von Vorträgen oder im direkten Gespräch vorzustellen und zu diskutieren. Bei einer Führung durch das gastgebende Institut kann die Ausstattung besichtigt werden, um so Ideen für eigene Versuchsaufbauten zu bekommen oder im Rahmen einer Kooperation geeignete, fremde Geräte zu nutzen. Industrievorträge bieten außerdem die Gelegenheit, potenzielle Arbeitgeber für die Zeit nach dem Studium oder der Promotion kennenzulernen. Ob Ihr dabei direkt einen aktiven Part übernehmen oder Euch einfach die Jung-DGM einmal anschauen wollt, ist Euch überlassen. Wir freuen uns auf Euch!

## Zu unseren Aufgaben gehören

- die Vernetzung des wissenschaftlichen Nachwuchses
- Aufbau und Pflege eines engen Kontaktes zum wissenschaftlichen und industriellen Umfeld in der Region
- die Entwicklung einer kollegialen Atmosphäre und der gegenseitigen Unterstützung unter jungen Materialwissenschaftlerinnen und Materialwissenschaftlern zwischen Rhein und Ruhr
- die Weiterbildung im materialwissenschaftlichen und werkstofftechnischen Bereich, sowie darüber hinaus

## Für Dich organisieren wir unter anderem

- regelmäßige Treffen an Lehrstühlen und Instituten des DGM-Regionalforums Rhein-Ruhr
- feste halbjährliche Treffen
- Vortragsessions, Werks- und Institutführungen oder Exkursionen sowie Weiterbildungen
- weitere Möglichkeiten des lockeren Austausches

## Mitmachen und Kontakt

■ Wer Interesse hat, sich an der Jung-DGM-Ortsgruppe Rhein-Ruhr zu beteiligen oder einfach nur mal in ein Treffen hineinschnuppern möchte, ist dazu herzlich eingeladen.

■ **rhein-ruhr@jungedgm.de**  
0211 6792187 (Martin Diehl)

## Ansprechpartner vor Ort

■ **Aachen** | Julius Langenberg, RWTH Aachen  
aachen@jungedgm.de

■ **Bochum** | Matthias Wambach, Ruhr-Universität Bochum  
bochum@jungedgm.de

■ **Dortmund** | Philipp Wittke, TU Dortmund  
dortmund@jungedgm.de

■ **Düsseldorf** | Martin Diehl, MPI für Eisenforschung  
duesseldorf@jungedgm.de

■ **Essen** | Leonard Hinrichs, Universität Duisburg-Essen  
essen@jungedgm.de

■ **Köln** | Stefan Klein, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt  
koeln@jungedgm.de

■ **Siegen** | Christian Freitag, Universität Siegen  
siegen@jungedgm.de

## Für Studierende und Promovierende

■ Als Jung-DGM wollen wir im Besonderen DoktorantInnen und Postdocs ansprechen, aber auch StudentInnen aus MatWerk Studiengängen oder mit einer entsprechenden Vertiefungsrichtung sind bei uns willkommen.



**DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT e.V. (DLR)**  
INSTITUT FÜR WERKSTOFF-FORSCHUNG

**Prof. Dr.-Ing. Marion Bartsch**

- Experimentelle und Numerische Methoden,  
Institut für Werkstoff-Forschung

**Prof. Dr.-Ing. Uwe Schulz**

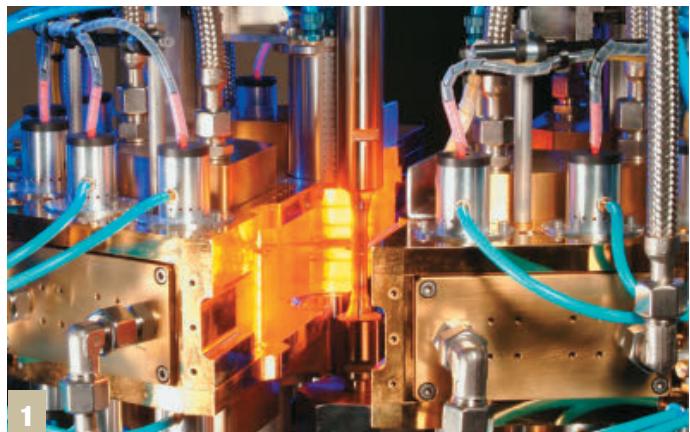
- Hochtemperatur- und Funktionsschichten,  
Institut für Werkstoff-Forschung

## » Das DLR und das DLR-Institut für Werkstoff-Forschung «

*Das DLR ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr und Sicherheit sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrt-Agentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zudem fungiert das DLR als Dachorganisation für den national größten Projektträger. In den 16 Standorten beschäftigt das DLR circa 8.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.*

Der Forschungsschwerpunkt des DLR-Instituts für Werkstoff-Forschung liegt in der Entwicklung neuer Werkstofflösungen und ihrer Prozesstechniken für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt, im Energiebereich und im Automobilsektor. In Kooperation mit anderen DLR-Instituten sowie nationalen und internationalen Partnern arbeitet das Institut für Werkstoff-Forschung an grundlagenorientierten Themen und im Bereich angewandter Forschung. Das Forschungspotfolio erstreckt sich entlang der Bereiche metallischer Strukturen, hybrider Werkstoffsysteme und Intermetallics, keramischer Strukturwerkstoffe, Aerogele und Aerogelverbundwerkstoffe, thermoelektrische Materialien und Systeme sowie Hochtemperatur- und Funktionsschichten. Die Entwicklung von numerischen Methoden zur Simulation des Material- und Bauteilverhaltens komplettiert diese Kompetenzen mit dem Ziel, den Transfer von Materialien in industrielle Applikationen zu unterstützen. Neben der wissenschaftlichen Forschungsarbeit beteiligt sich das Institut an der Ausbildung und Weiterbildung von Jungwissenschaftlern an renommierten deutschen Universitäten mit Professuren und Lehraufträgen.

**Abbildung 1:** Prüfanlage zur thermomechanischen Prüfung von Turbinenschaufelwerkstoffen und Schutzschichten.



### Hochtemperatur- und Funktionsschichten

In der Abteilung „Hochtemperatur- und Funktionsschichten“ werden Beschichtungen entwickelt, die das Einwirken schädigender Umgebungsmedien auf Werkstoffe, Bauteile und Strukturen verhindern. Dies umfasst sowohl metallische als auch keramische Schutzschichten für monolithische und faserverstärkte metallische, polymere und keramische Verbundwerkstoffe. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der Hochtemperatur- und Funktionsschichten konzentrieren sich auf zentrale Komponenten von Triebwerken und Gasturbinen wie Fan, Verdichter, Brennkammer und Turbine, die ein erhebliches Potential für die zukünftige Generation von Triebwerken besitzen. Bei



Energieumwandlungssysteme. Die Herstellung dieser Werkstoffsysteme erfolgt der Zielanwendung angepasst mit Magnetron-Sputtern, Sol-Gel-Verfahren, elektrochemischen Verfahren und mit Elektronenstrahlverdampfung.

### Experimentelle und numerische Methoden

Die Forschungsaktivitäten der Abteilung „Experimentelle und Numerische Methoden“ zielen darauf, Hochleistungswerkstoffe für die Luft- und Raumfahrt berechenbarer zu machen. Dazu werden experimentelle und numerische Methoden kombiniert und für spezielle Fragestellungen neu entwickelt.

der Weiterentwicklung von Wärmedämmenschichten liegt der Schwerpunkt der Arbeiten auf der Verminderung der Wärmeleitfähigkeit, der Erhöhung der Einsatztemperatur und dem Verständnis der Schädigungsmechanismen sowie daraus resultierender Arbeiten zur Verlängerung der Lebensdauer der Bauteile unter komplexen Belastungen, wie zum Beispiel unter der Einwirkung von CMAS (Ca-Mg-Si-Al-Oxidgemische) und Vulkanasche. Um das Potential moderner Titanlegierungen und speziell der Titanaluminide in Verdichter und Niederdruckturbine vollständig nutzen zu können, wird die Weiterentwicklung wirkungsvoller Oxidationsschutzschichten verfolgt. Für neuartige Niob- und Molybdän-basierte sowie faserverstärkte keramische Hochtemperaturwerkstoffe werden Schutzschichtsysteme gegen Schädigung in der Verbrennungsatmosphäre von Gasturbinen entwickelt und erprobt. Im Zentrum der Arbeiten stehen die Schichtherstellung mit physikalischen Gasabscheideverfahren, die Untersuchung der Mikrostruktur und der Materialeigenschaften, sowie das Verständnis des Schichtverhaltens unter realitätsnahen Belastungen. Zur Beurteilung des Schichtverhaltens werden neben analytischen und mikrostrukturellen Charakterisierungsmethoden anwendungsnahe Schichtenprüfverfahren eingesetzt, welche von standardisierten Temperaturwechselversuchen über Oxidationsversuche bis hin zur komplexen thermomechanischen Prüfung und Tests in realen Gasturbinen reichen.

Im Bereich Funktionsschichten erfolgt die Entwicklung multifunktionaler Schichtsysteme zur Schadstoffreduktion und für integrierte Gas- und Kraftsensoren. Weiterhin erfolgen Entwicklungsarbeiten für Schichten in Brennstoffzellen und von nanostrukturierten schichtbasierten Elektroden für Sensor- und Energiespeichersysteme. Ziele sind eine erhöhte Energiedichte und effizientere

**Prof. Dr. Uwe Schulz, Abteilungsleiter „Hochtemperatur- und Funktions-schichten“, und Prof. Dr.-Ing. Marion Bartsch, Abteilungsleiterin „Experi-mentelle und Numerische Methoden“.**

Typischerweise wird wie folgt vorgegangen: Die Charakteristika der Werkstoffe werden auf Gefügeebene vom Nano- bis zum Millimeterbereich mittels mikroskopischer und mikromechanischer Methoden ermittelt. Mit diesen experimentell gewonnenen Daten werden numerische Werkstoffmodelle erstellt. Unter Verwendung dieser Modelle wird das Verhalten von Laborproben oder auch einfachen Bauteilen unter betriebsrelevanten Lasten simuliert, und die Rechnungen werden durch begleitende Labortests validiert. Für die Untersuchung des Werkstoffverhaltens unter komplexen Beanspruchungen werden spezielle Versuchseinrichtungen aufgebaut, wie z.B. eine Anlage, mit der sich die thermischen und mechanischen Ermüdungslasten innen gekühlter Flugzeugturbinschaufeln auf Laborproben aufbringen lassen. Die Abteilung ist über den Lehrstuhl „Werkstoffe der Luft- und Raumfahrt“ im Institut für Werkstoffe an der Ruhr-Universität Bochum in die Lehre integriert. Schwerpunkte in der Lehre sind die Eigenschaften und das Verhalten von Hochleistungswerkstoffen für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt unter realistischen mechanischen und thermischen Belastungen und extremen Umgebungsbedingungen.

Die enge Anbindung an die DGM und der direkte Kontakt zu den Mitgliedshochschulen und Forschungseinrichtungen des Regionalforums Rhein-Ruhr ermöglichen unserem Institut eine sehr gute interdisziplinäre Zusammenarbeit in den diversen Werkstoffthemen, zahlreiche gemeinsame Forschungsarbeiten und Projekte, und nicht zuletzt die Promotion unserer Doktoranden.

■ Weitere Informationen und Ansprechpartner finden Sie auf unserer Institutswebseite unter <http://www.dlr.de/wf/>. Wir freuen uns über Ihre Kontaktaufnahme.



**Abbildung 2:** Mittels Elektronenstrahlverdampfung hergestellte Wärmedämmenschicht aus teilstabilisiertem Zirkonoxid auf einer Hochdruckturbinschaufel.

**Abbildung 3:** Das Institut für Werkstoff-Forschung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt – DLR in Köln, Luftbild.



3



## i-Raman® Portable Raman Spectrometer Series for Materials Science Applications

**Lightweight fiber-optic probe system for analysis in the lab or field**

**Non-destructive measurements**

**Combine with a video microscope for research grade Raman capabilities**

**Laser power adjustable down to 1%**

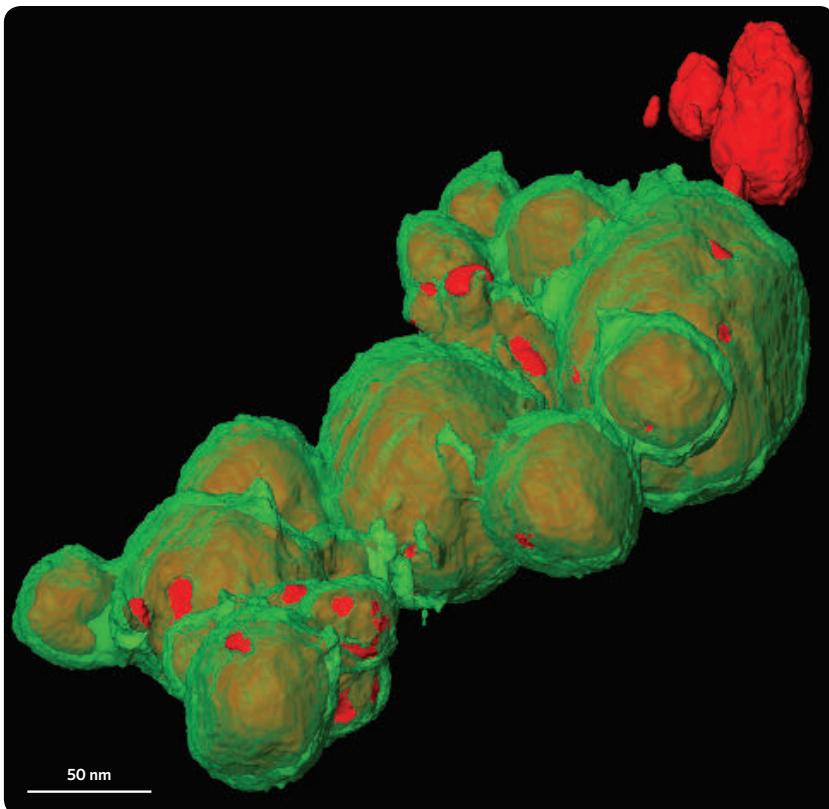
**Lets Build Your System. Together!**



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

+1-302-368-7824

[marketing@bwtek.com](mailto:marketing@bwtek.com)



**EDS tomogram of Ag-Pt core-shell nanoparticles.** Ag cores are shown in the false color of red, covered by green-colored Pt shells, only a few nanometers in thickness. Sample courtesy Prof. Yi Ding and Prof. Jun Luo, Center for Electron Microscopy, Tianjin University of Technology.

## Automated 3D EDS with Talos

The ability to perform compositional analysis and visualize the resulting chemical maps in 3D is essential to characterize the true elemental distribution and structure of modern nanomaterials—delivering new insights into structure-function relationships.

Contact your FEI representative today to see how advanced materials characterization methods such as quantitative energy dispersive X-ray (EDS) analysis can bring new heights of discovery to your research.

**Discover more at [FEI.com/Talos](http://FEI.com/Talos)**



Explore. Discover. Resolve.



## FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH

### Prof. Dr.-Ing. habil. Olivier Guillon

IEK-1: Werkstoffsynthese und Herstellungsverfahren

### Dr.-Ing. Georg Mauer

IEK-1: Werkstoffsynthese und Herstellungsverfahren

### Prof. Dr.-Ing. Lorenz Singheiser

IEK-2: Werkstoffstruktur und -eigenschaften

### Prof. Dr. rer. nat. Robert Vaßen

IEK-1: Werkstoffsynthese und Herstellungsverfahren

# » Das Institut für Energie- und Klimaforschung, Werkstoffsynthese und Herstellungsverfahren (IEK-1) des FZ Jülich «

*Das Institut für Energie- und Klimaforschung, Werkstoffsynthese und Herstellungsverfahren (IEK-1), wurde 1964 als Institut für Reaktorentwicklung (IRE) gegründet. Unter der Leitung von Prof. Rudolf Hecker fand der Wandel von einem kerntechnischen Institut zu einem materialwissenschaftlichen Institut Ende der 1980 Jahre statt. Diese Entwicklung wurde seit 1990 unter der Leitung von Prof. Detlev Stöver fortgesetzt. Nach einer zweijährigen Phase unter der kommissarischen Leitung von Dr. Hans-Peter Buchkremer ist seit Beginn 2014 Prof. Olivier Guillon neuer Institutsleiter.*

**D**as Institut erforscht und entwickelt Materialien, Bauteile und Komponenten für zukünftige hocheffiziente Energiewandlungs- und Speichersysteme und möchte damit einen Beitrag zu einer erfolgreichen Umsetzung der Energiewende liefern. Dabei spielen Hochleistungskeramiken eine Schlüsselrolle. Das Institut nutzt bei den FE-Arbeiten die langjährige Expertise im Bereich der Synthese pulverförmiger Materialien und deren Prozessierungsverfahren zu Schicht- und volumigen Werkstoffen sowie zahlreiche Beschichtungstechniken aus der Gasphase und greift dabei auf einen hochmodernen Maschinenpark zurück.

*Abbildung 1: Die Mitarbeiter des IEK-1.*



Die wichtigsten vier Forschungsfelder werden im Folgenden kurz beschrieben.

## **Hochtemperaturwerkstoffe für die Kraftwerkstechnik**

In diesem Arbeitsfeld werden über thermische Spritzverfahren Schutzschichten gegen Erosion und Korrosion sowie Wärmedämmsschichten für Flug- und stationäre Gasturbinen entwickelt. Neben konventionellen Spritzverfahren wie atmosphärisches Plasmaspritzen (APS) und Hochgeschwindigkeitsflammspritzen (HVOF) werden auch innovative Routen wie das Suspensionsplasmaspritzen (SPS), das Plasma Spray-PVD Verfahren oder das Kaltgasspritzen (CGS) weiterentwickelt. Parallel zu den Verfahren spielt die Entwicklung verbesserter Werkstoffe eine zentrale Rolle.

## **Gastrennmembranen für energieeffiziente Prozesse**

In diesem Bereich werden über nasschemische Prozesse wie Foliengießen, Siebdruck oder Sol-Gel-Verfahren über poröse Träger gestützte Dünnenschichtmembranen entwickelt. Die untersuchten Membranen sind sauerstoffleitende, protonenleitende sowie mikroporöse Materialien. Die Arbeiten beinhalten sowohl die Verbesserung der Permeationseigenschaften der verschiedenen Membranmaterialien, die Entwicklung von optimierten Trägerstrukturen als auch von Herstellungs Routen für komplett Membranmodule.

## Festoxid-Brennstoffzellen (SOFC) und Elektrolysezellen (SOEC) für die Erzeugung von gasförmigen Brennstoffen

Das IEK-1 entwickelt anodengestützte Brennstoff- und Elektrolysezellen, die ähnlich wie die Membranen über nasschemische Verfahren gefertigt werden. In Zusammenarbeit mit Schwesterinstituten werden aus den Zellen leistungsfähige Stacks assembled. Zentrale Arbeitsgebiete sind neben weiterer Verbesserung der Fertigungsroute die Entwicklung langzeit- und zyklierbeständiger Werkstofflösungen. Über Drittmittelprojekte werden metallgestützte Zellen weiter optimiert.

## Niedrig- und Hochtemperatur-Festkörperbatterien mit hoher Sicherheit und Stabilität für stationäre und mobile Anwendungen

In diesem jüngsten Arbeitsgebiet am IEK-1 werden Batterien entwickelt, die aufgrund der Verwendung eines Festkörperelektrolyten über eine verbesserte Stabilität verfügen. Dazu werden Dünnschichtverfahren wie PVD (Sputtern und Elektronenstrahlverdampfung) aber auch zunehmend nasschemische Routen eingesetzt. Ähnlich wie in den anderen Arbeitsbereichen steht auch hier sowohl die Prozess- als auch die Werkstoffentwicklung für die Elektroden und den Elektrolyten im Vordergrund.

Das Institut ist in einem hochattraktiven Forschungsumfeld, das Forschungszentrum Jülich GmbH, eingebettet, das mit etwa 5.500 Mitarbeitern in Bereichen der Energie-, Informations-, Umwelt- und Gehirnforschung aktiv ist. Zudem besteht über JARA Energy eine intensive Zusammenarbeit mit der RWTH Aachen. Diese Vernetzung wird gestärkt durch die Professur des Institutsleiters Prof. Guillon

an der Fakultät 5 der RWTH. Der Abteilungsleiter Prof. Vaßen hat eine Professur an der Ruhr-Universität Bochum inne. Darüber hinaus besteht eine enge Zusammenarbeit mit anderen Helmholtzzentren, wie das KIT, das DLR oder das HZB, mit denen das IEK-1 primär im Rahmen der programmorientierten Förderung („POF“) zusammenarbeitet. Wichtige Kooperationspartner sind auch die Helmholtz Institute Münster und Erlangen-Nürnberg. Auf internationaler Ebene ist das Institut ebenfalls gut vernetzt, als Beispiele sind hier die Universität in Cambridge oder die University of California in Santa Barbara zu nennen.

Da das Institut aufgrund seiner Forschungsgebiete sehr anwendungsnahe aufgestellt ist, verfügt es auch über eine Vielzahl von Zusammenarbeiten mit Industriepartnern wie Siemens, Rolls-Royce, Plansee und weiteren.

Mit der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde (DGM) hat das IEK-1 seit vielen Jahren eine gute Verbindung, Prof. Guillon ist bei der DGM seit Jahren aktiv (Leiter des Expertenkreises FAST/SPS) und hat den Masing-Gedächtnis Preis 2010 erhalten. Die Aktivitäten des DGM-Regionalforums Rhein-Ruhr werden durch das Institut auch gerne unterstützt. Durch diese Austauschplattform werden die Kontakte zu regionalen Forschungspartnern intensiviert. Sollten Sie Interesse an den Arbeiten des IEK-1 finden, freuen sich die zuständigen Mitarbeiter über eine Kontaktanfrage und sind gerne zu einem Gespräch über eine Zusammenarbeit bereit.

■ Informationen über das IEK-1 am Forschungszentrum Jülich GmbH finden sie unter:

<http://www.fz-juelich.de/iek/iek-1/DE>

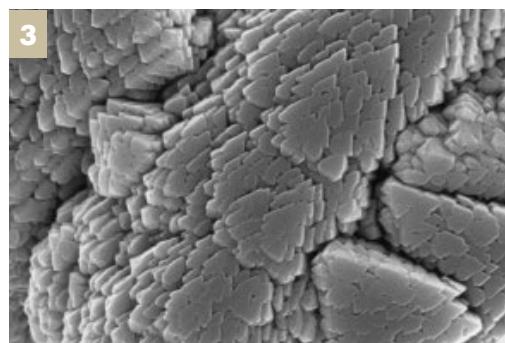


Abbildung 3: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme einer YSZ-Schicht, die aus der Gasphase über den Plasma Spray – Physical Vapour Deposition (PS-PVD)-Prozess abgeschieden wurde.

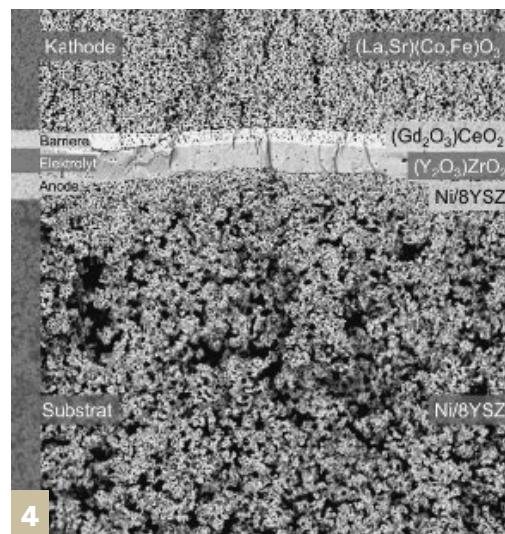


Abbildung 2: Prof. Olivier Guillon (Institutsleiter des IEK-1, rechts) und Prof. Robert Vaßen (Abteilungsleiter, links).

Abbildung 4: Bruchbild einer anoden-gestützten Brennstoffzelle, die dem derzeitigen Standard in Jülich entspricht.

## » Das Institut für Energie- und Klimaforschung, Werkstoffstruktur und -eigenschaften (IEK-2) des FZ Jülich «

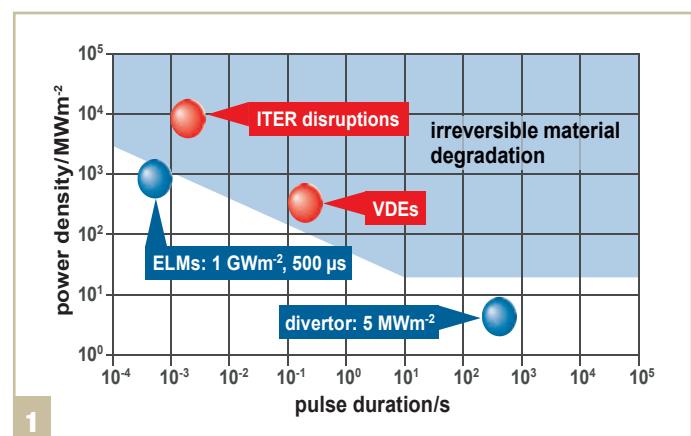
*Das Teilinstitut Werkstoffstruktur und -eigenschaften (IEK-2) des Forschungszentrums Jülich untersucht schwerpunktmäßig die Gebrauchseigenschaften metallischer und keramischer Werkstoffe sowie funktionaler Schutzschichten für Anwendungen in der Energietechnik. Es ist mit dem Lehrstuhl „Werkstoffe der Energietechnik“ integraler Bestandteil der RWTH Aachen und bringt seine wissenschaftlichen Kompetenzen und wissenschaftliche Infrastruktur in zahlreiche Gemeinschaftsvorhaben mit den Instituten der RWTH Aachen im Rahmen von JARA Energy ein.*

Die wissenschaftlichen Forschungsschwerpunkte des Instituts umfassen die wichtigsten Gebrauchseigenschaften und Beanspruchungsszenarien, denen Werkstoffe und Beschichtungen für energietechnische Anwendungen ausgesetzt sind, nämlich die Konstitution, den Gefügeaufbau und die Mikrostrukturentwicklung der Werkstoffe, die daraus resultierenden mechanischen Kurzzeit- und Langzeiteigenschaften unter verschiedenen Beanspruchungsbedingungen und ihre Beständigkeit in aggressiven heißen Gasen und Ablagerungen. Wichtige Beiträge zum Verständnis der Werkstoffeigenschaften leisten hochauflösende Mikrostrukturaufnahmen sowie numerische Simulationsmodelle im Bereich der Konstitutionsforschung und der Schädigungsmodellierung mittels FEM Modellierung.

Thermochemie von Energierwerkstoffen die Methode der Knudsen-Effusionsmassenspektrometrie zur Bestimmung thermodynamischer Eigenschaften von Werkstoffen und Beschichtungssystemen ein, die für Calphad-basierte Berechnung von Zustandsdiagrammen notwendig sind. Ausgebaut werden die computergestützten Methoden der Berechnung von Zustandsdiagrammen mittels Ab-initio und DFT-Berechnungen, die experimentelle Methoden gegenwärtig ergänzen und langfristig substituieren können sowie zeitliche Veränderungen der Zusammensetzung und des Gefügeaufbaus erlauben. Die Anwendungen konzentrieren sich gegenwärtig auf Werkstoffsysteme und Beschichtungen im Bereich der Kraftwerkstechnik, Brennstoffzellen-technologie und der Entwicklung von Elektroden-

**Abbildung 1:** Einfluss von thermischer Leistungsdichte und Dauer auf die Schädigung von Wolfram und Wolframlegierungen von thermisch hochbelasteten Komponenten für die im Bau befindliche Fusionsanlage ITER.

Die Kenntnis der Struktur und des Gefügeaufbaus sowie der temperatur- und zeitabhängigen Gefügezusammensetzung sowie der physikalisch-chemischen Eigenschaften von Werkstoffen von der Herstellung über den gesamten Lebenszyklus ist ein zentraler Schlüssel zum Verständnis moderner Werkstoffe und ihrer Eigenschaften. Neben den etablierten Methoden der Thermoanalyse setzt die Abteilung



materialien für elektrochemische Energiespeicher. Mit der Hochdruck-Massenspektrometrie werden dynamische Reaktionen in der Gasphase bei Verbrennungs- und Vergasungsprozessen untersucht, die zur Freisetzung und Einbindung korrosiver Verbindungen bei der Nutzung fossiler und regenerativer Brennstoffe führen und korrosive Ablagerungen bilden.

Zur mechanischen Charakterisierung von beschichteten und unbeschichteten metallischen und keramischen Werkstoffen für Gas- und Dampfkraftwerke sowie Hochtemperaturbrennstoffzellen und für keramische Gastrennmembranen verfügt das Institut über ein breites Spektrum moderner Untersuchungsverfahren zur Ermittlung physikalisch-mechanischer Eigenschaften, dem Kriechverhalten unter Langzeitbedingungen an Luft und in kontrollierten korrosiven Atmosphären sowie bei thermischer und thermomechanischer Beanspruchung von Werkstoffen für Hochtemperaturanwendungen in der Triebwerkstechnik und Brennstoffzellentechnologie. Ergänzt

Judith 2 über weltweit einzigartige Untersuchungsmethoden von Werkstoffen bei höchsten Temperaturen und Temperaturgradienten für zukünftige Fusionsanlagen und solarthermische Kraftwerke.

In der Abteilung Hochtemperaturkorrosion und Hochtemperaturkorrosionsschutz werden Lebensdauermodelle für das Oxidations- und Korrosionsverhalten von hochwarmfesten Werkstoffen für die Energietechnik und chemische Industrie erarbeitet und validiert. Für experimentelle Untersuchungen steht ein Cluster hoch auflösender Mikrowaagen und Versuchseinrichtungen für isotherme und zyklische Oxidationsversuche in kontrollierten Atmosphären zur Verfügung. Wachstumsmechanismen von Oxidschichten werden mittels Tracerversuchen durchgeführt, die Oxidschichten mittels Plasma-SNMS und GDOES tiefenauflöst quantitativ untersucht, Wachstumsspannungen und thermische Spannungen in Oxidschichten werden mittels Raman-Fluoreszenzmethoden analysiert.

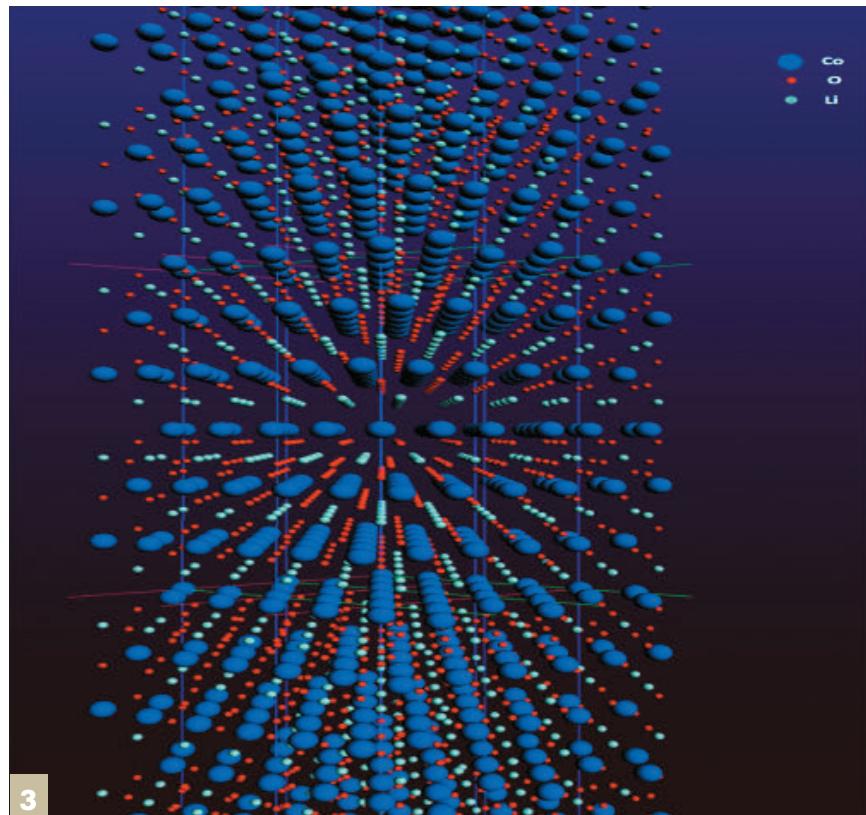


2

**Abbildung 2:** Strahlungsofen zur Untersuchung des TMF-Verhaltens keramischer Wärmedämmsschichten auf Nickelbasislegierungen für Gasturbinen.

wird die Ausstattung durch Einrichtungen zur Ermittlung bruchmechanischer Kennwerte über einen weiten Temperaturbereich. Experimentelle Ergebnisse unterstützen die Entwicklung von numerischen Lebensdauermodellen für Hochtemperaturkomponenten und deren Validierung durch gezielte Experimente. Das Institut verfügt mit den beiden Thermoschockanlagen Judith 1 und

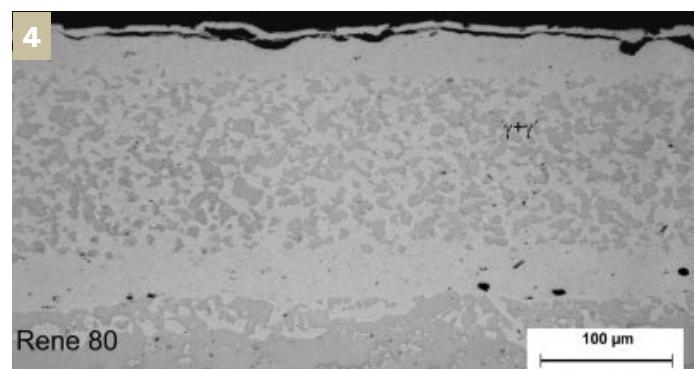
Das Institut verfügt im Bereich der Materialanalytik über moderne Rasterelektronenmikroskope mit EDX und WDX- sowie Kathodoluminiszenz-Zusätzen für die ortsaufgelöste Materialanalytik sowie EBSD-Analysemethoden zur Struktur- und Orientierungsbestimmung. Höchstauflösung ermöglicht ein aberrationskorrigiertes Zeiss-TEM mit EELS- und EDX-Zusatz, für die FIB-Probenpräparation verfügt das



**Abbildung 4:** MCrAlY-Korrosionsschutzschicht nach 30.000 Stunden isothermer Oxidation bei 980 °C.

Institut über ein Zeiss Auriga Gerät.

Wichtige technologische Umsetzungen wurden auf dem Gebiet der Entwicklung von Lebensdauermodellen für keramische Wärmedämmsschichten sowie von Korrosionsschutzschichten der Zusammensetzung MCrAlY erzielt, die kommerziell in industriellen Gasturbinen verwendet werden. Unter den Handelsnamen Crofer 22APU und Crofer 22H wurden oxidationsbeständige ferritische Hochtemperaturlegierungen zusammen mit VDM Alloys entwickelt, die in Hochtemperaturbrennstoffzellen eingesetzt werden. Für das internationale Fusionssprogramm ITER werden Wolframlegierungen für die erste Wand qualifiziert und an Komponenten untersucht, die in der ersten Anlage eingesetzt werden, die in Cadarache/Frankreich aufgebaut wird.



Die oben genannten wissenschaftlichen Arbeitsgebiete erfordern nicht nur eine intensive nationale Kooperation mit Forschungseinrichtungen, Universitäten und industriellen Anwendern, sondern auch umfangreiche intensive internationale Kontakte und Kooperationen. Hier nutzt das Institut alle verfügbaren nationalen und internationalen Förderinstrumente und Kooperationsmöglichkeiten.



**MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR EISENFORSCHUNG GMBH  
DÜSSELDORF**

**Prof. Dr. rer. nat. Gerhard Dehm**

■ Director of the Structure and Nano-/Micromechanics of Materials Department

**Prof. Dr. rer. nat. Jörg Neugebauer**

■ Director of the Computational Materials Design Department

**Prof. Dr.-Ing. Dierk Raabe**

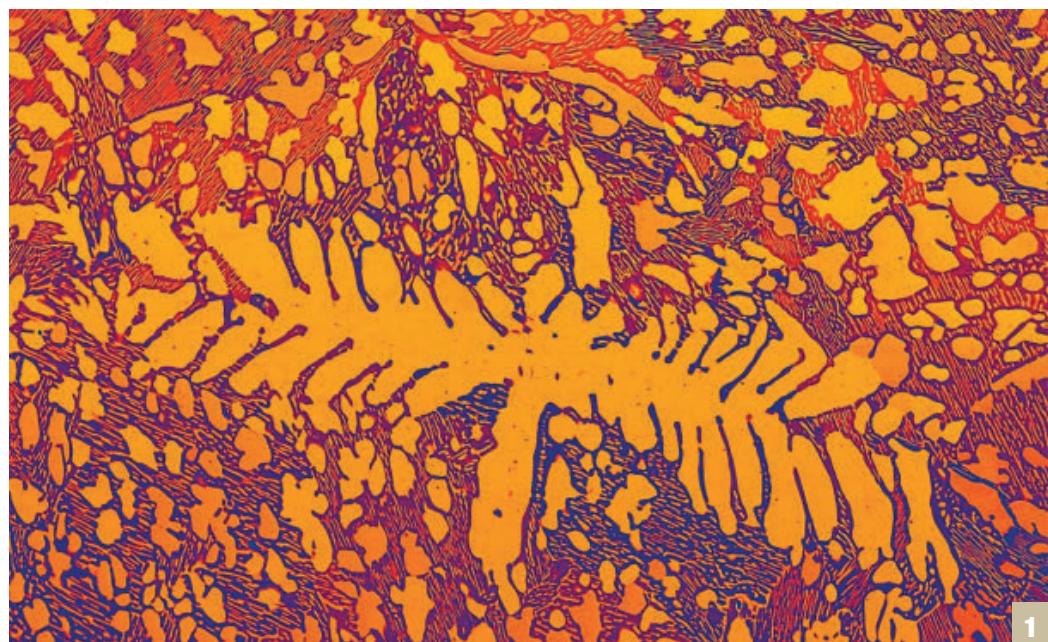
■ Director of the Microstructure Physics and Alloy Design Department

**Prof. Dr. rer. nat. Martin Stratmann**

■ Director of the Interface Chemistry and Surface Engineering Department

## » Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH, Düsseldorf «

*Für die rasanten Entwicklungen in den gesellschaftlich wichtigen Themengebieten Mobilität, Energie, Infrastruktur, Medizin und Sicherheit werden fortlaufend neuartige und maßgeschneiderte Materialien benötigt. Das Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH (MPIE) betreibt mit einem jungen und internationalen Team moderne Grundlagenforschung an Hochleistungsmaterialien, um einen Fortschritt in diesen Themengebieten zu erzielen.*



**Abbildung 1:** Elektronenmikroskopische Aufnahme einer Eisen-Aluminium-Gusslegierung (FeAl), die aus den beiden intermetallischen Phasen FeAl (orange) und FeAl<sub>2</sub> (violet) besteht. Das lamellare Gefüge ist durch eine sehr schnelle Zerfallsreaktion (eutektoid Reaktion) aus der Hochtemperaturphase Fe<sub>5</sub>Al<sub>8</sub> ( ) bei 1095°C entstanden. Copyright: X. Li, F. Stein, M. Naikade, Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH.

**D**as Institut wurde 1917 als Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung gegründet und wird zu gleichen Teilen von der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. und dem Stahlinstitut VDEh, Repräsentant der Stahlindustrie in Deutschland, finanziert. Diese Public Private Partnership ist sowohl für die Max-Planck-Gesellschaft als auch für die europäische Industrie einzigartig und ermöglicht eine wissensorientierte und zugleich anwendungsnahe Grundlagenforschung.

Das Institut hat vier Abteilungen, eine Max-Planck-Forschungsgruppe und ein internationales Doktorandenprogramm IMPRS-SurMat. Jede Abteilung wird durch einen Direktor geleitet, der zugleich Teil der Geschäftsführung ist. Prof. Neubauer leitet die Abteilung „Computergestütztes Materialdesign“ und beschäftigt sich mit *ab initio*-Berechnungen von thermodynamischen und kinetischen Daten, Untersuchungen zu Mikrostrukturmengenschaften und Dynamiken und mit Multiskalenmodellierung.

Prof. Stratmann ist Direktor der Abteilung „Grenzflächenchemie und Oberflächentechnik“. Seit Juni 2014 ist er Präsident der Max-Planck-Gesellschaft. Während seiner Amtszeit leitet Prof. Neugebauer kommissarisch die Abteilung, welche sich mit Elektrochemie und Elektrokatalyse im Bereich Energie und Korrosion, Adhäsion und Beschichtungen, funktionaler Oberflächen und Grenzflächen und Prozessen der kontrollierten Produktion von Ober- und Grenzflächen beschäftigt.

Die Abteilung „Mikrostrukturphysik und Legierungsdesign“ von Prof. Raabe untersucht die Mikrostruktur, Textur und Mechanik von Materialien bis auf die atomare Skala. Zudem entwickelt sie Legierungen und beschäftigt sich mit deren thermomechanischer Bearbeitung.

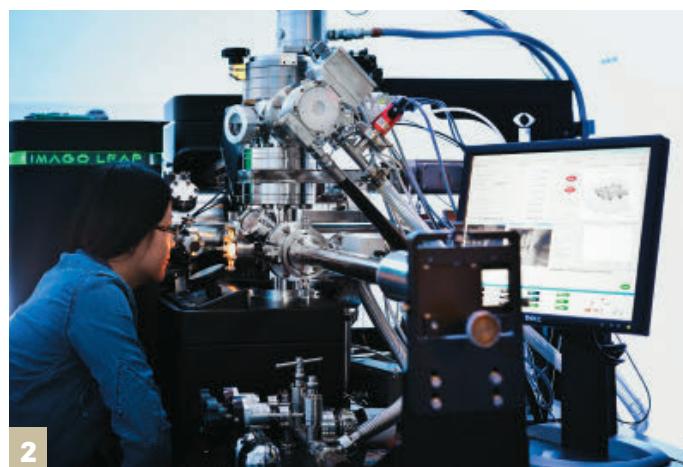
Prof. Dehm leitet die Abteilung „Struktur und Nano-/Mikromechanik von Materialien“. Im Fokus stehen die Mikro- und Nanomechanik von Oberflächen und Grenzflächen, die Charakterisierung von Mikrostrukturen sowie Dünnschichtsysteme, intermetallische Verbindungen und Nanostrukturmaterialien. In situ Methoden dienen der Aufklärung von Mikrostruktur-Mechanik-Zusammenhängen.

Die vier Abteilungen werden durch eine unabhängige Max-Planck-Forschungsgruppe von Prof. Scheu zu „Nanoanalytik und Grenzflächen“ ergänzt.

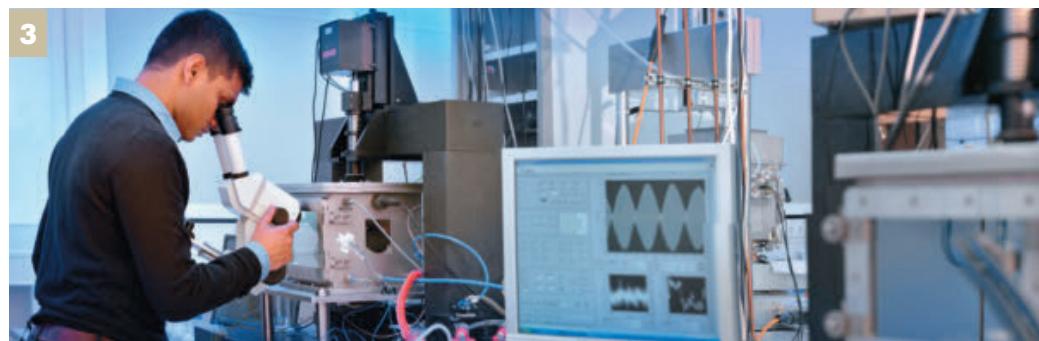
Diese synthetisiert, charakterisiert und klärt grundlegende Struktur-Eigenschaftsbeziehungen von Materialien für die Photovoltaik, für Brennstoffzellen und für die Photokatalyse. Die Materialsysteme reichen von Oxiden, Nitriden und Sulfiden, bis hin zu Polymeren und Kompositen.

Das internationale Doktorandenprogramm IMPRS-SurMat (International Max Planck Research School for Surface and Interface Engineering in Advanced Materials) ist ein strukturiertes dreijähriges Doktorandenprogramm für talentierte Masterabsolventen, welche mit einem Stipendium gefördert werden und an einer der beteiligten Forschungseinrichtungen ihre Doktorarbeit schreiben können. Diese sind das Max-Planck-Institut für Eisenforschung, das Max-Planck-Institut für Kohlenforschung, die Ruhr-Universität Bochum, das ICAMS (Interdisciplinary Centre for Advanced Materials Simulation) und ab 2016 die Universität Duisburg-Essen und das Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion.

**Abbildung 2:** Chemische Analyse von Materialien auf atomarer Skala dank der dreidimensionalen Atomsonde • Copyright: Frank Vinken.



**Prof. Dr.-Ing. Dierk Raabe, Vorsitzender der Geschäftsführung der Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH, Düsseldorf.**



**Abbildung 3:** Analyse von Korrosionsprozessen mit der Rasterkelvinsonde • Copyright: Frank Vinken.

Alle Abteilungen und Gruppen ergänzen sich gegenseitig hinsichtlich der angewendeten Methoden und Forschungsschwerpunkte und arbeiten intensiv sowohl zusammen als auch mit Kollegen weltweit. Die gemeinsam verfolgten Hauptforschungsfelder sind die

- Entwicklung von neuen Struktur- und Funktionsmaterialien,
- Analyse von mikrostrukturabhängigen Materialeigenschaften,
- Analyse und Verbesserung der Stabilität von Oberflächen und Grenzflächen,
- Entwicklung skalenübergreifender Materialsimulationen,
- Materialien für erneuerbare Energien.

Diese Hauptforschungsfelder sind höchst interdisziplinär und vereinen die experimentelle und theoretische Expertise der einzelnen Abteilungen.

Zusätzlich zur Betreuung von Bachelor-/Masterstudenten und Doktoranden, bietet das Institut auch vier Ausbildungsberufe an, die eng mit der wissenschaftlichen Arbeit des Institutes verknüpft sind: ChemielaborantIn, IndustriemechanikerIn, mathematisch-technischer SoftwareentwicklerIn, WerkstoffprüferIn.

Neben den institutsinternen und externen Kooperationen mit anderen wissenschaftlichen Ein-

richtungen hat das MPIE zudem zahlreiche Kooperationen mit werkstoff- und materialverarbeitenden Unternehmen. Gerade in den Feldern Struktur- und Funktionslegierungen, moderne Charakterisierungsmethoden im Legierungsdesign, Oberflächenfunktionalität, und computergestütztes Materialdesign pflegt das Institut enge Beziehungen zur Industrie. Diese Beziehungen unterstützen die Entwicklung des Institutes von einem reinen Werkstoffinstitut hin zu einer systemisch aufgestellten Forschungseinrichtung, welche komplexe Materialien in einem ganzheitlichen Kontext von Konstruktion, Produktion und extremen Umgebungsbedingungen, betrachtet. Aktuelle Forschungsarbeiten in enger Kooperation mit der Industrie finden unter anderem in den Bereichen Hybrid- und Elektromobilität, Energiekonversion und -speicherung, erneuerbare Energien, Medizin, wasserstoffbasierte Industrien und computergestütztes Materialdesign statt.

Die Direktoren und Max-Planck-Forschungsgruppenleiter des Institutes sind alle Mitglieder der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde die eine exzellente Plattform zum wissenschaftlichen Austausch zwischen Grundlagenforschung und Anwendung im weiten Feld der Materialforschung bietet.

- Informationen zum Max-Planck-Institut für Eisenforschung finden Sie unter: [www.mpie.de](http://www.mpie.de)

Auf den nächsten Seiten wird das Beispiel der **Abteilung Computergestütztes Materialdesign** verwendet, um die Arbeitsweise des MPIE und dessen Einbindung in das Regionalforum Rhein-Ruhr darzustellen.



# » Abteilung Computergestütztes Materialdesign der Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH «

*Die Abteilung „Computergestütztes Materialdesign“ wurde von Prof. Dr. rer. nat. Jörg Neugebauer nach seiner Berufung im November 2004 zum Direktor am Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH (MPIE) gegründet. Ziel der Abteilung ist die Entwicklung und Anwendung von skalenübergreifenden Methoden, die von der fundamentalsten (ab initio) Skala starten und damit das Design von (auch bisher unbekannten) Werkstoffen allein auf dem Computer ermöglichen.*



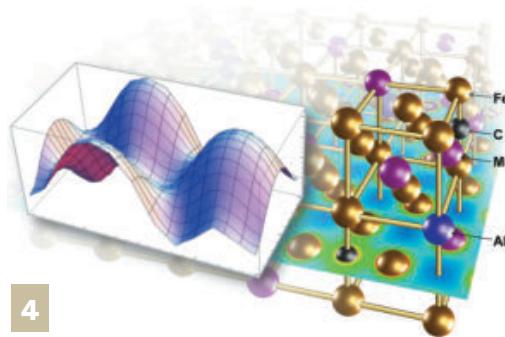
Dazu werden in der Abteilung quantenmechanische Methoden, die eine sehr präzise Beschreibung auf atomarer Wechselwirkungen erlauben, mit mesoskopischen/makroskopischen Konzepten aus der Thermodynamik, der statistischen Physik oder der Kontinuumsmechanik kombiniert. Mittels dieser Kombinationen gelingt es, Materialeigenschaften und -prozesse für ganz unterschiedliche Disziplinen (z.B. der Metallurgie, Optoelektronik, Photovoltaik, Molekularbiologie) mit bisher nicht erreichbarer Genauigkeit zu berechnen und vorherzusagen.

Seit dem Start der Forschungsaktivitäten im Sommer 2005 hat sich die Abteilung in Arbeitsgruppen auf verschiedene Materialsklassen und Methoden spezialisiert. In der Arbeitsgruppe „**Computergestützte Phasenmodellierung**“ (Dr. Hickel) werden *ab initio*-basierte Werkzeuge zur Bestimmung aller thermodynamischen Beiträge zur freien Energie von Materialien entwickelt. Das erlaubt die Vorhersage von Phasenstabilitäten, Stoffeigenschaften, Übergangstemperaturen und kinetische Prozesse. Die von der Abteilung entwickelten Methoden haben inzwischen eine Reife und Vorhersagekraft erreicht, dass damit technisch direkt relevante thermodynamische Größen wie z.B. die spezifische Wärme mit einer deutlich höheren Genauigkeit bestimmt werden können, als dies mit gegenwärtig verfügbaren Experimenten möglich ist. Grundlegende festkörperphysikalische Mechanismen wie die der Kopplung von magnetischen und vibronischen Freiheitsgraden

typischerweise erst an Modellsystemen untersucht um sie dann auf technologisch relevante aber deutlich komplexere Materialien wie moderne TWIP- und TRIP-Stähle, magnetische Formgedächtnislegierungen oder komplexe Ausscheidungsphasen in Legierungen zu übertragen. In einer weiteren Arbeitsgruppe „**Adaptive Strukturmaterialien**“ (Dr. Grabowski und Dr. Tasan) werden *ab initio* und experimentelle Methoden gleichzeitig vorangetrieben, um mit Hilfe instabiler Phasen „intelligente“ Materialien zu gewinnen, deren Mikrostruktur sich dynamisch an eine externe Belastung anpasst. So werden zum Beispiel Ti-Nb-Materialien (sog. Gum Metals) untersucht, die extrem dehnbar sind, wobei ihre Festigkeit über einen großen Dehnungsbereich nahezu konstant hoch ist. Die Gruppe „**Mesoskalen-Simulation**“ (Dr. Spatschek) stellt die Schnittstelle zu den höherskaligen Simulationsverfahren her. Hier kommen Phasenfeldmethoden genauso wie thermodynamische Konzepte zum Einsatz. So konnte zum Beispiel aus *ab initio*-Daten über die H-H-

*Prof. Dr. rer. nat. Jörg Neugebauer, Direktor der Abteilung Computergestütztes Materialdesign am MPIE.*

*Abbildung 4: Ab initio-Berechnung von Stapelfehlerenergien in hoch-Mn Stählen im Rahmen des SFB761.*



Wechselwirkung in Metallen ein komplettes Phasendiagramm für das Auftreten von Hydriden entwickelt werden, was für das Verständnis von Wasserstoff-induzierten Versprödungsmechanismen essentiell ist. Die Arbeitsgruppe „**Defektchemie und Spektroskopie**“ (Dr. Freysoldt) widmet sich der *ab initio*-Berechnung nicht-metallischer Systeme, wie z.B. Oxide. Das Auftreten von Bandlücken in deren Elektronenstruktur und die unvollständige Abschirmung von Ladungszuständen, die z.B. durch Defekte hervorgerufen werden, erfordern spezielle Methoden, die in dieser Gruppe vorangetrieben werden. Von großem Vorteil ist dabei, dass die Abteilung mit S/PHI/nX über ein eigenes Programm Paket zur Durchführung von *ab initio*-basierten Rechnungen verfügt, in das neue Simulationskonzepte effizient implementiert und getestet werden können. Außerdem verfügt die Abteilung über ein eigenes Hochleistungsrechenzentrum mit mehreren tausend Prozessoren und modernster Infrastruktur, das ebenfalls von Dr. Freysoldt betreut wird.

„*initio*“ gegeben ist. Hier wird gemeinsam mit Ingenieuren, Charakterisierern und Simulationsgruppen über ein Verständnis und die Optimierung der Verformungsmechanismen in hoch-Mn Stählen gerungen. Schließlich ist Prof. Neugebauer einer der Initiatoren des Interdisciplinary Centre for Advanced Materials Simulations (ICAMS) an der Ruhr-Universität Bochum. Insbesondere mit dem Lehrstuhl von Prof. Drautz gibt es seither eine intensive Abstimmung der methodischen Entwicklungen. Das führt auch dazu, dass bisher mehrere Masterstudenten und Doktoranden gemeinsam von beiden Lehrstühlen betreut wurden. Außerdem gehören einige Abteilungsmitglieder dem Materials Research Department (MRD) der Ruhr-Universität Bochum an und bestehen Zusammenarbeiten mit den Universitäten Duisburg-Essen und Paderborn. Die zahlreichen Kooperationen im Raum Rhein-Ruhr bringen es außerdem mit sich, dass die Mitglieder der Abteilung an verschiedenen Universitäten in die Ausbildung der Studenten involviert sind. Regelmäßig werden Vorlesungen zur Quantenmechanik und

**Abbildung 5:** Beteiligung von Mitarbeitern der Abteilung am Thyssen-Krupp Ideenpark 2012 in Essen.



5



6

**Abbildung 6:** Mitglieder der Abteilung Computergestütztes Materialdesign, August 2013.

All diese Forschungsaktivitäten zeichnen sich durch eine enge Zusammenarbeit zwischen den theoretischen und experimentellen Aktivitäten am MPIE und anderen Forschungseinrichtungen im Raum Rhein-Ruhr aus. Bei den adaptiven Strukturmaterialien ist die Zusammenarbeit mit der Abteilung von Prof. Raabe am MPIE bereits durch die personelle Struktur sichergestellt. Aber auch darüber hinaus gibt es zahlreiche gemeinsame Projekte zur Relevanz von Mikrostrukturelementen (wie Stapelfehlern), mechanischen Eigenschaften (wie Verfestigung) oder Versagensmechanismen (wie Wasserstoffversprödung). Auch die Untersuchung von elektro-chemischen Prozessen ist ohne die Expertise der Abteilung von Prof. Stratmann am MPIE kaum vorstellbar. Eine enge Zusammenarbeit besteht außerdem mit der RWTH Aachen, die insbesondere durch die intensive Einbindung in den SFB „Stahl – ab

Blockkurse zu Themen der Computersimulation im Rahmen des Masterkurses „Materials Science and Simulation“ am ICAMS Institut gelesen. Es gibt aber auch eine Beteiligung an Vorlesungen an den Universitäten Aachen und Paderborn.

Die Abteilung ist an verschiedenen DGM-Fachausschüssen beteiligt und verfolgt die Aktivitäten des DGM-Regionalforums Rhein-Ruhr nicht nur mit Interesse, sondern bringt sich dort im Rahmen seiner Möglichkeiten gern ein. Aus der Erfahrung der vielen erfolgreichen Forschungsprojekte ergibt sich ein lebhaftes Interesse an einer Intensivierung der Zusammenarbeit mit den starken wissenschaftlichen Partnern in dieser Region.

■ Weitere Informationen zur Abteilung finden sich unter: <http://cm.mpie.de>.



## RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

### Prof. Dr. rer. nat. Ralf Drautz

■ Lehrstuhl Atomistische Modellierung und Simulation,  
ICAMS, Fakultät für Physik

### Prof. Dr.-Ing. Gunther Eggeler

■ Lehrstuhl Werkstoffwissenschaft,  
Institut für Werkstoffe, Fakultät für Maschinenbau

### Prof. Dr. Easo George

■ Lehrstuhl Werkstoffdesign,  
Institut für Werkstoffe, Fakultät für Maschinenbau

### Prof. Dr. rer. nat. Alexander Hartmaier

■ Lehrstuhl Werkstoffmechanik,  
ICAMS, Fakultät für Maschinenbau

### Prof. Dr.-Ing. Alfred Ludwig

■ Lehrstuhl Werkstoffe der Mikrotechnik,  
Institut für Werkstoffe, Fakultät für Maschinenbau

### Prof. Dr.-Ing. Michael Pohl

■ Lehr- und Forschungsgebiet Werkstoffprüfung,  
Institut für Werkstoffe, Fakultät für Maschinenbau

### Prof. Dr. rer. nat. Ingo Steinbach

■ Lehrstuhl Werkstoffsimulation,  
ICAMS, Fakultät für Maschinenbau

### Prof. Dr.-Ing. Werner Theisen

■ Lehrstuhl Werkstofftechnik,  
Institut für Werkstoffe, Fakultät für Maschinenbau

# » Das Institut für Werkstoffe (IFW) der Ruhr-Universität Bochum und seine Partner in Lehre und Forschung «

**D**as Institut für Werkstoffe ist in der Fakultät für Maschinenbau für die Werkstoffausbildung der Studierenden zuständig. Zum Institut für Werkstoffe gehören die Lehrstühle Werkstoffwissenschaft (G. Eggeler), Werkstoffdesign (E. George), Werkstoffe der Mikrotechnik (A. Ludwig), Werkstoffprüfung (M. Pohl) und Werkstofftechnik (W. Theisen). Als externe Professuren sind dem Institut für Werkstoffe folgende Einheiten angeschlossen: Werkstoffe der Luft- und Raumfahrt (M. Bartsch, DLR Köln), Werkstoffphysik (G. Dehm), Elektronenmikroskopie von Werkstoffen (A. Dlouhy, IPM Brno, Tschechische Republik), Werkzeugtechnologie/Tooling (Prof. Dr.-Ing. C. Escher, Dörrenberg Edelstahl), Werkstoffuntersuchungen mit Beugungsverfahren (A. Kaysser-Pyzalla, HZM Berlin), Werkstoffoberflächen und Grenzflächen (M. Stratmann, MPIE Düsseldorf) und Keramische Werkstoffe (R. Vaßen, FZ Jülich). Auch die Professoren des Interdisciplinary Centre for Advanced Materials Simulation (ICAMS), über das hier in einem eigenen Beitrag berichtet wird, sind als kooptierte Kollegen mit dem Institut für Werkstoffe eng verbunden: Atomistische Werkstoffmodellierung (R. Drautz, ICAMS), Werkstoffmechanik (A. Hartmaier, ICAMS), Thermodynamische und kinetische Werkstoffmodellierung (I. Steinbach, ICAMS).

Das Institut für Werkstoffe übernimmt die Werkstoffausbildung aller Studierenden des *Maschinenbaus*, des *Bauingenieurwesens* und der Studiengänge *Umwelttechnik und Ressourcen-Management* sowie *Sales Engineering und Product Management*. Im Maschinenbau bietet das Institut für Werkstoffe eine eigene Vertiefungsrichtung *Werkstoff- und Micro-Engineering* mit einem Bachelor- und einem Masterstudiengang an. Es gestaltet außerdem eine Reihe von Wahlvorlesungen für Ingenieure anderer Fachrichtungen und für Naturwissenschaftler, die Werkstoffe im Nebenfach studieren. Das Institut für Werkstoffe ist einer der Träger der International Max Planck Research School SurMat des Max-Planck-Instituts für Eisenforschung (Abkürzungen: MPIE, IMPRS SurMat). Es beteiligt sich an den dort angebotenen englischsprachigen Summer- und Winter-Schools für Doktoranden. Gemeinsam mit dem ICAMS bietet das Institut für Werkstoffe einen internationalen, englischsprachigen Masterstudiengang *Materials Science and Simulation* an.

Das Institut für Werkstoffe steht derzeit im Zentrum des SFB/TR 103 (Vom Atom zur Turbinenschaufel) und ist einer der Träger des fakultätsübergreifenden *Materials Research Department (MRD)* der Ruhr-Universität Bochum (Sprecher: R. Drautz, A. Ludwig). Sowohl in der Forschung als auch in der Lehre pflegt es enge Kontakte zu allen materialwissenschaftlich orientierten Forschern der Ruhr-Universität Bochum, unserer Nachbar-Universitäten und umliegender Forschungsinstitute.

Seit der Gründung des Instituts für Werkstoffe stehen mikrostrukturelle Fragestellungen im Zentrum der Forschungsaktivitäten. Die Werkstoffe der Technik werden als reizvolle Aufgabe der Wissenschaft aufgefasst. Das Institut hat in der Vergangenheit eine ganze Reihe von Professoren hervorgebracht und mitgeprägt, zu denen Namen gehören wie Prof. Dr.-Ing. C. Broeckmann (Aachen), Prof. Dr. U. Dahmen (Berkeley/USA), Prof. Dr.-Ing. A. Fischer (Universität Duisburg Essen), Prof. Dr.-Ing. K. Friedrich (Universität Kaiserslautern), Prof. Dr. H. Gleiter (KIT Karlsruhe), Prof. Dr. U. Köster (TU Dortmund), Prof. Dr. H. Kreys (Bundeswehrhochschule Hamburg), Prof. Dr.-Ing. G. Lütjering (TU Hamburg Harburg), Prof. Dr.-Ing. C. Müller (TU Darmstadt), Prof. Dr. J. Petermann (TU Dortmund), Prof. Dr.-Ing. Birgit Skrotzki (BAM), Prof. Dr.-Ing. A. Pyzalla (HZB), Prof. Dr.-Ing. M. F.-X. Wagner (TU Chemnitz) und Prof. Dr.-Ing. K.-H. Zum Gahr (KIT Karlsruhe).

Das Ruhrgebiet ist eine Werkstoffregion und das Institut für Werkstoffe ist sehr gut mit seinem Umfeld vernetzt. Viele unserer Absolventen arbeiten in der Region. Es gibt deshalb eine Vielzahl von Projekten, die wir gemeinsam mit unseren Kolleginnen und Kollegen aus den F&E-Abteilungen der umliegenden Industrie bearbeiten. Einen Teil unserer Absolventen und früheren Mitarbeiter hat es auch in andere Teile Deutschlands und in die ganze Welt verschlagen. Viele von Ihnen sehen wir auf der jährlichen Weihnachtsfeier des Instituts für Werkstoffe wieder, die alle Lehrstühle des Instituts für Werkstoffe gemeinsam veranstalten und die mittlerweile zu einer Standardeinrichtung geworden ist, wo sich viele Ehemalige gerne untereinander und auch mit den alten und neuen Institutsmitgliedern treffen, wo Erfahrungen ausgetauscht und durchaus auch Stellen vermittelt werden.

# » Moderne Analysetechniken für die Material- und Oberflächencharakterisierung «

**HORIBA Scientific ist weltweit führend in der Entwicklung und Herstellung analytischer Messgeräte für Forschung, Laboranalytik und Qualitätskontrolle.**

Die Firma bietet Instrumentierung für Fluoreszenz- und Raman-Spektroskopie, Ellipsometrie, Schichtmesstechnik sowie Komponenten der optischen Spektroskopie – auch für den OEM-Einsatz – an. Darüber hinaus gehören ICP- und GD-OES Spektrometer sowie Element-Analysatoren zum Portfolio.

Ein Großteil dieser Geräte kann nicht nur für makroskopische Analysen, sondern auch in der Mikro-Messtechnik eingesetzt werden, und das oftmals sogar zerstörungsfrei – ein erheblicher Pluspunkt gegenüber anderen analytischen Methoden.

Für die Analyse der Eigenschaften und chemischen Zusammensetzung von Beschichtungen und Materialien wird häufig die **Raman-Spektroskopie** eingesetzt. Diese zerstörungsfreie Methode in Kombination mit einem Mikroskop ermöglicht eine Analyse mit einer räumlichen Auflösung von bis zu 200 nm. Das damit ebenfalls mögliche Raman-Imaging charakterisiert Oberflächenstrukturen sowie Stress und Spannungen in Halbleitern. Durch eine Kopplung mit AFM können durch oberflächenverstärkende Prozesse (Tip-Enhanced Raman Spectroscopy = TERS) Auflösungen von unter 10 nm erzielt werden.

Schichtdicken lassen sich mit der **GD-OES** Technik nicht nur nanometergenau bestimmen, sondern gleichzeitig wird auch die Elementzusammensetzung quantitativ analysiert. Die neue Technik PP-TOFMS (PP = Plasma Profiling) ermöglicht darüber hinaus dank der Kombination mit der Massenspektroskopie die Analyse der chemischen Zusammensetzung. Neben Schichtdicken bis in den Ångström-Bereich können durch die spektroskopische **Ellipsometrie** auch weitere optische Eigenschaften von Schichten ermittelt werden, wie z.B. Brechungsindex, Bandlücke und Extinktionskoeffizient.

## KONTAKT

### HORIBA Scientific

Dr. Ingo Reese | Group leader Material Science  
Neuhofstraße 9 | D-64625 Bensheim  
Tel.: +49 6251 847570 | [ingo.reese@horiba.com](mailto:ingo.reese@horiba.com)

**HORIBA**  
Scientific

NEU

## Raman-Mikroskop

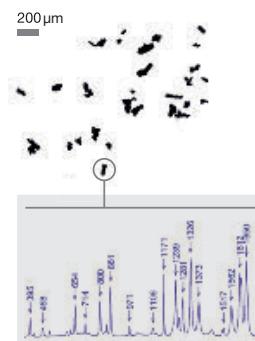
für industrielle Anwendungen

### XploRA ONE



Das konfokale Mikro-Ramanspektrometer XploRA ONE ermöglicht eine schnelle Analyse der chemischen Zusammensetzung – einfach, bedienerfreundlich und voll automatisiert. Keine Probenpräparation – Ihre Messungen führen sofort zu verwertbaren Ergebnissen!

### ParticleFinder



ParticleFinder ist das neue Modul für die Spektroskopie-Software **LabSpec 6** zur automatischen Detektion von Partikeln und anschließender Raman-Spektroskopie: Das ideale Werkzeug zur Analyse partikelförmiger Materialien als Ergänzung kompakter Raman-Mikroskope.

[www.horiba.com/de/scientific](http://www.horiba.com/de/scientific)

Horiba Jobin Yvon GmbH  
Tel. 06251-8475-0  
[info-sci.de@horiba.com](mailto:info-sci.de@horiba.com)



Explore the future

**HORIBA**

# » Lehrstuhl Werkstoffe der Mikrotechnik, Institut für Werkstoffe (Ruhr-Universität Bochum) «

*Der Lehrstuhl „Werkstoffe der Mikrotechnik“ gehört zum Institut für Werkstoffe (Fakultät für Maschinenbau) der Ruhr-Universität Bochum und steht unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. Alfred Ludwig.*



*Abbildung 1: Materialbibliothek mit über 340 Proben auf einem 100 mm Si-Wafer (Foto: Nielinger).*



*Abbildung 2: Prof. Ludwig mit Mitarbeiterin vor der kombinatorischen Beschichtungsanlage (Foto: Nielinger).*



*Prof. Dr.-Ing. Alfred Ludwig,  
Leiter des Lehrstuhls Werkstoffe der  
Mikrotechnik.*

## Forschung

**A**m Lehrstuhl Werkstoffe der Mikrotechnik werden neue multifunktionale Werkstoffe für miniaturisierte technische Produkte mit den Methoden der kombinatorischen Materialforschung entwickelt. Dazu werden mit speziellen Dünnschicht-Abscheideprozessen (Abbildung 2) Materialbibliotheken hergestellt und mit automatisierten Hochdurchsatz-Methoden charakterisiert. Die gewonnenen Informationen werden in Form von Zusammensetzungs-Struktur-Funktionsdiagrammen visualisiert. Dünnschichtsysteme für die Mikrosystemtechnik (ferromagnetische Schichten, Formgedächtnisschichten) und Materialien für Energieanwendungen (thermoelektrische Schichten, Schichten für die solare Wasserspaltung) sind von besonderem Interesse. Weiterhin ist die Nutzung von Mikrosystemen für die Werkstoffentwicklung Gegenstand der Forschung.

## Lehre

Der Lehrstuhl bietet Vorlesungen (u.a. Werkstoffe der Mikrotechnik, Fertigungstechnologien der Mikrosystemtechnik, Magnetische Werkstoffe,

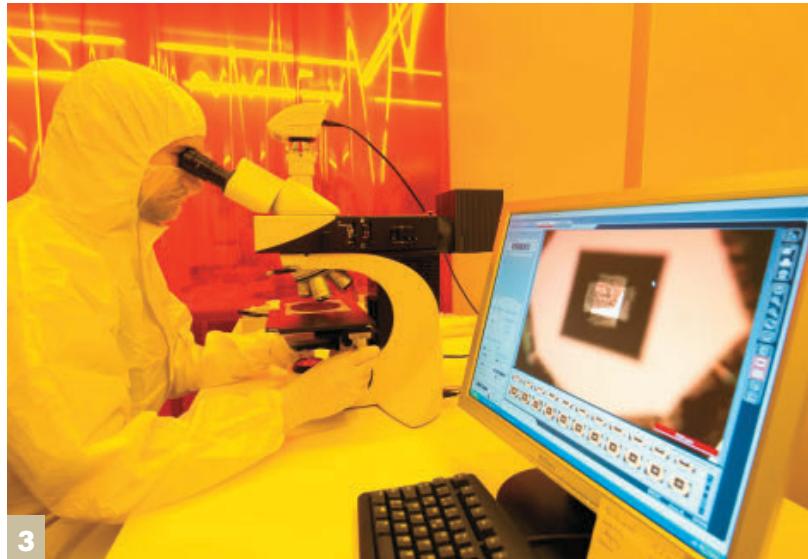
Nanotechnologie, BioMEMS) und praktische Veranstaltungen (u.a. Fachlabor Mikrotechnik) vorrangig für die Bereiche Werkstoffe und Micro-Engineering an.

## Industrie

Es gibt einen hohen industriellen Bedarf für neue Werkstoffe bzw. auch für optimierte Werkstoffe. Neue Werkstoffe ermöglichen neue Anwendungen und Produkte. Optimierte Werkstoffe müssen entwickelt werden, um z.B. die Einsatzgrenzen bestehender Werkstoffe für neue Einsatzgebiete auszuweiten. In diesen Bereichen arbeitet der Lehrstuhl Werkstoffe der Mikrotechnik mit Industriepartnern zusammen, um neue Materialien und Effekte zu erforschen, deren Funktionsweise zu verstehen und das Potenzial für mögliche Anwendungen auszuloten.

## Besonderes

Durch die Entwicklung spezieller Abscheideprozesse – die unter Zuhilfenahme von computergesteuerten Blenden nanoskalige keilförmige Schichten erzeugen – ist es gelungen, komplexe ternäre Materialsysteme in einem Experiment herzustellen. Die



3

Abbildung 3: Arbeiten im Lehrstuhl-eigenen Reinraum (Foto: Nielinger).

4

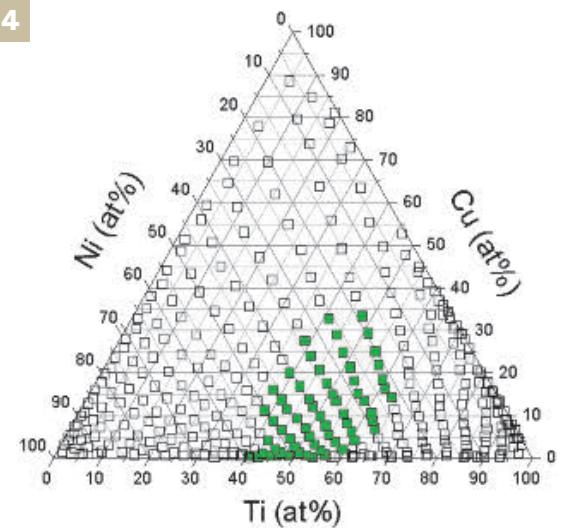


Abbildung 4: Ternäres Zusammensetzungs-Funktionsdiagramm.

Abbildung 4 zeigt das Beispiel einer ternären Formgedächtnislegierung (Ni-Ti-Cu). Im ternären Zusammensetzungs-Funktionsdiagramm symbolisieren die Quadrate die gemessenen Zusammensetzungen, während die farbcodierten Symbole den Bereich anzeigen, in dem reversible martensitische Umwandlungen auftreten. Diese wurden durch automatisierte temperaturabhängige Widerstandsmessungen identifiziert. Durch weiterführende

Hochdurchsatz-Messungen (z.B. parallelisierte Messung des Formgedächtnis-Aktoreffektes) können nun innerhalb dieser umwandelnden Bereiche, die für Anwendungen optimalen Werkstoffe identifiziert werden. Weiterhin erlaubt die Methode ein verbessertes Verständnis der Ursachen der auftretenden Effekte.

■ Weitere Informationen: [www.rub.de/wdm](http://www.rub.de/wdm)

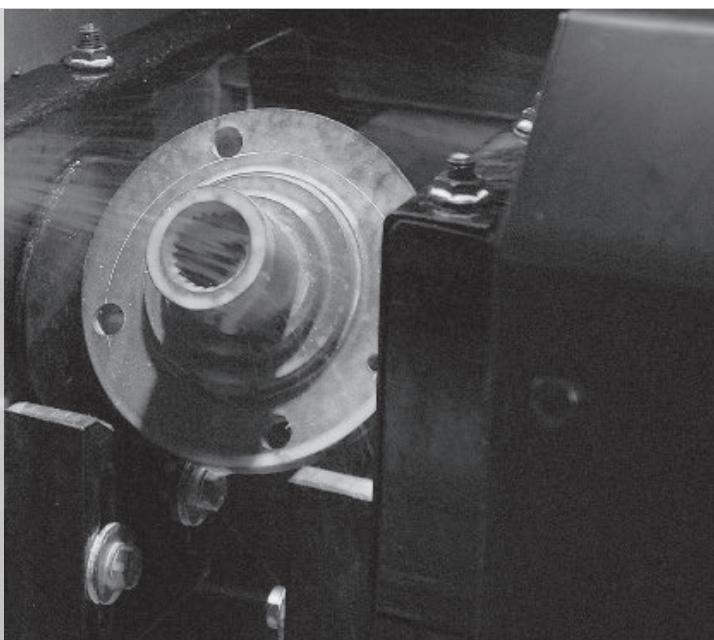
**PERSPEKTIVE  
WERKSTOFFPRÜFUNG**

Wir stehen für eine fundierte  
und praxisnahe Ausbildung im  
Bereich der Zerstörungsfreien  
Werkstoffprüfung!



DGZfP  
AUSBILDUNG UND  
TRAINING GMBH

Tel.: +49 30 67807-130  
ausbildung@dgzfp.de | [www.dgzfp.de](http://www.dgzfp.de)



ANZEIGE

## » Lehrgebiet Werkstoffprüfung, Institut für Werkstoffe (Ruhr-Universität Bochum) «

*Das Lehrgebiet Werkstoffprüfung des Instituts für Werkstoffe der Ruhr-Universität Bochum wurde 1985 gemeinsam von den Lehrstühlen Werkstoffwissenschaft – Prof. Dr.-Ing. Erhard Hornbogen – und Werkstofftechnik – Prof. Dr.-Ing. Hans Berns – gegründet. Damit sollte der Tatsache entsprochen werden, dass eine anspruchsvolle Werkstoff-Forschung einer differenzierten mikrostrukturellen und mikroanalytischen Diagnostik mit aufwendigen Geräten und Methoden bedarf.*



Prof. Dr.-Ing. Michael Pohl,  
Inhaber des Lehrgebietes Werkstoff-  
prüfung der Ruhr-Universität Bochum,  
mit einer Zugprobe.

Für dieses Lehr- und Forschungsgebiet wurde Prof. Dr.-Ing. Michael Pohl 1985 berufen. Die Arbeiten auf dem Gebiet der Werkstoffprüfung beinhalten seither in Forschung und Lehre die Erfassung der Werkstoffeigenschaften mit dem Ziel ihrer beanspruchungsgerechten Optimierung. Seit seiner Entpflichtung 2013 führt Professor Pohl dieses Lehr- und Forschungsgebiet als vom Rektor der RUB berufener Seniorprofessor fort.

In der Lehre ([wp.rub.de/lehre](http://wp.rub.de/lehre)) werden weiterhin die Vorlesungen Werkstoffprüfung, Mikroskopie und Schadensanalyse gehalten und Studien-, Bachelor-, Master- und Doktorarbeiten betreut.

Die Forschung ([wp.rub.de/forschung](http://wp.rub.de/forschung)) wurde auf folgende Gebiete fokussiert.

### ■ I. Wasserstoff in Metallen

Leichtbau infolge gestiegener ökonomischer und ökologischer Ansprüche erfordert die Verwendung immer höher fester Werkstoffe, die ab circa 800 MPa anfällig gegen Wasserstoff-induzierte Rissbildung werden. Mit hochgenauer und ortsspezifischer Wasserstoffanalytik wollen wir einen Beitrag leisten, bei der Allgegenwärtigkeit des Wasserstoffs die Bedingungen exakt zu bestimmen, unter denen hochbeanspruchte Bauteile sicher betrieben werden können.

In unseren laufenden Forschungsprojekten interessiert uns, ebenso den schädlichen diffusible Wasserstoff vom unschädlichen in Fällen gefangen zu unterscheiden, wie auch die Gefügedetails zu definieren, an denen das wasserstoffbedingte Bauteilversagen ausgelöst wird.

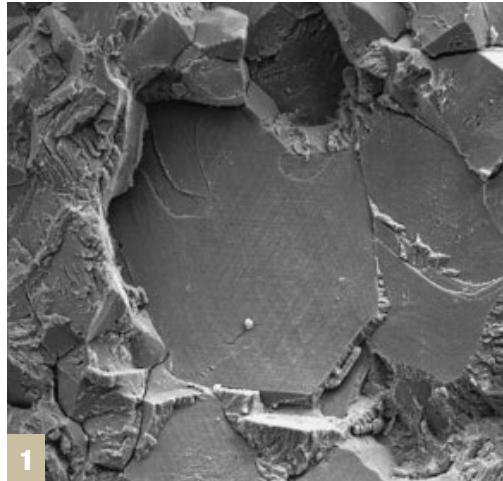
Im Zusammenhang mit der Wasserstoffversprödung von Baustählen wurde auch die flüssig-metallinduzierte Rissbildung beim Verzinken untersucht.

Jährlich findet Aschermittwoch unser Hochschulpraktikum Wasserstoff in Metallen statt.

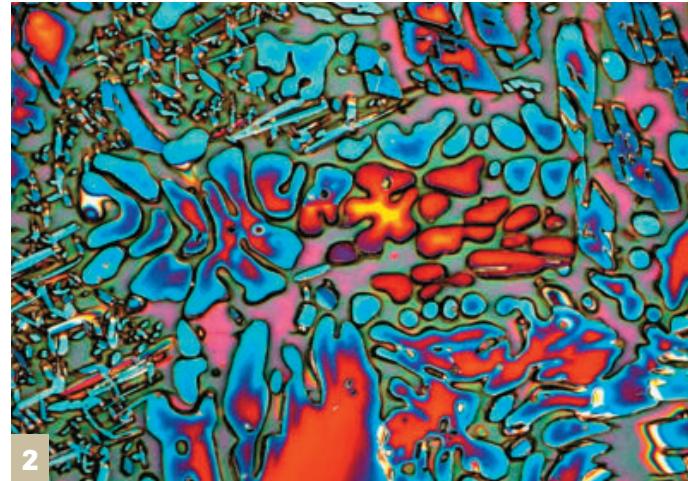
### ■ II. Kavitationserosion

In rund 80 Veröffentlichungen haben wir uns mit der zerstörerischen Wirkung von Blasenfeldern in hydraulischen Anlagen auseinandergesetzt. Es galt, die Gefügebestandteile der Werkstoffe hinsichtlich ihres Kavitationserosionsverhaltens zu charakterisieren, um die Widerstandsfähigkeit von Bauteilen zu verbessern.

Es zeigte sich aber auch, dass das Hochfrequenz-Piezoprüfsystem ein sensibles Messverfahren ist, jegliche Eigenschaftsänderungen von Werkstoffen hinsichtlich Oberflächenzerrüttung hochpräzise zu messen.



1 Wasserstoffinduzierter Bruch in hochverfestigtem CrNi-Stahl.



2 Duplex-Stahl.

Im Fokus unserer derzeitigen Forschungsprojekte:

- Die kavitationsresistente Pumpe
- Die Ertüchtigung großer Schiffsschrauben
- Die Verhinderung von Erosion in Ultraschall-Reinigungsanlagen
- Die Entwicklung kavitationsbeständiger CuZnSi-Legierungen für den Anlagenbau

### III. Nichtrostende Stähle, insbesondere Duplex-Stähle

Die hohen Gehalte an Legierungselementen verleihen den Duplex-Stählen ihr besonderes Eigenschaftsprofil, sind aber auch verantwortlich für zahlreiche Gefügeinstabilitäten, die die Herstellbarkeit von Komponenten stark beeinträchtigen. In über 25 Jahren Forschung wurden mit zahlreichen Forschungsprojekten alle relevanten Hemmnisse (Karbid-, Nitrid-, Sigma-, Chi-, G-,  $\alpha'$ -Versprödung) und Eigenschaftsoptimierungen (Festigkeit, Verzug, Verschleiß, Korrosion) bearbeitet. Das letzte Projekt, die Evaluierung der Tieftemperaturversprödung beim Off-Shore-Einsatz, wurde gerade abgeschlossen.

Unsere Forschungen an Duplex-Stählen werden seit vielen Jahren von einem industriellen Beraterkreis begleitet.

Jährlich veranstalten wir ein VDI Forum Duplex-Stähle.

### IV. Schadensanalyse

Neben Forschung und Lehre wird Beratung bei Bauteilproblemen für interessierte Industrieunternehmen angeboten ([wp.rub.de/schadensanalyse](http://wp.rub.de/schadensanalyse)). Unsere Expertise in der Schadensanalyse ist in die VDI-Richtlinie 3822 eingeflossen. Wiederkehrende Schäden sind in Forschungsprojekten zum Nachweis der ursächlichen Mechanismen bearbeitet worden. Etwa 3.000 Teilnehmer haben unser Hochschulpraktikum und das DGM Intensivseminar besucht, um sich über systematische Schadensanalyse zu informieren.

Wir sehen der weiteren Zusammenarbeit im DGM Regionalforum Rhein-Ruhr mit großem Interesse entgegen.



3 Mitglieder des Lehrgebietes Werkstoffprüfung Oktober 2014.

# » Zerstörungsfreies Prüfen mit Thermografie für mehr Qualität beim Laserschweißen «

*Wenn die Rede von innovativem Leichtbau ist, kommt das Wort schnell auf das Laserschweißen. Es gilt als technologisch anspruchsvoll, da bereits das geringfügige Abweichen von den Herstellungsparametern das Material schädigen oder vorzeitigen Verschleiß nach sich ziehen kann. Deshalb wünschen sich Anwender eine effiziente und wirkungsvolle Überwachung des Laserschweißens. Als bildgebende Verfahren zur zerstörungsfreien Prüfung (ZfP) bzw. zur Temperaturmessung werden die aktive und passive Thermografie diesem Anspruch gerecht.*



Besonders die aktive Thermografie ist in den Fokus von Industrie und Wissenschaft gerückt. Bei dieser Form der Wärmefluss-thermografie entsteht durch die energetische Anregung eines Prüfobjektes ein Wärmestrom. Geometrie, thermische Eigenschaften, Schichten oder Fehlstellen im Inneren der Materialien, z. B. Metalle oder kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe (CFK), bestimmen den daraus resultierenden zeitlichen und lokalen Verlauf des Wärmeflusses im Prüfobjekt. Dieser Verlauf bildet eine entsprechende Temperaturverteilung an der Oberfläche des Prüfobjektes aus, die mit einer Wärmebildkamera erfasst wird. Komplexe Auswerte-Algorithmen können daraus belastbare Ergebnisse zur qualitativen Einstufung der jeweiligen Prüfobjekte sowie zum Zustand der Fertigungstechnologie ermitteln.

## Modularer Charakter macht

### Prüfsysteme extrem anpassungsfähig

Die jeweilige Prüf- und Messaufgabe bestimmt die Wahl der entsprechenden Anregungsquelle. Die Bandbreite reicht von Hochleistungsblitzen,

Induktionseinheiten, über Kalt- und Heißluftgeräte bis hin zu homogenen Halogenstrahlern. Gemeinsam mit der Wärmebildkamera werden die Anregungsquellen über spezielle Controller direkt aus der Software gesteuert. So gelingt das präzise Detektieren von Lunkern, fehlerhaften Fügestellen, Delaminationen oder anderen Fehlern an den Prüfobjekten.

Diese Flexibilität gilt als einer der größten Vorteile der Aktiv-Thermografie. Für die Prüfobjekte entsteht bei der Anregung lediglich eine geringe thermische Belastung. Das Verfahren vermeidet direkt die Entstehung von Prüfschrott und liefert aussagekräftige Bilder der Defekte, die sich einfach in verschiedene Defekttypen einteilen lassen. Selbst Tests mit Blick auf nur eine Seite des Prüfobjektes eignen sich für eine umfassende Prüfung.

### Wärmebilder mit spezieller Software für Analyse aufbereiten

Zentrales Element der zerstörungsfreien Prüfung ist eine auf die aktive Thermografie

ausgerichtete Auswertesoftware. Anwender erhalten so Kontrolle über den gesamten Prozess von der Auswahl und Einstellung der Anregungsparameter bis hin zur Analyse der Daten. Abhängig vom Material des Prüfobjektes, dessen Geometrie und der Art der zu detektierenden Defekte bietet die Aktiv-Thermografie-Software IRBIS® 3 active von InfraTec verschiedene Analyseverfahren an. Während bei der Quotientenmethode der Wärmefluss im Prüfobjekt anhand der Steigung bzw. des Abfallens der Oberflächentemperatur untersucht wird, stützt sich die Puls-Phasen-Thermografie (PPT) auf die Frequenzanalyse der Temperaturrentwicklung nach impulsartiger Anregung. Bei der Untersuchung mithilfe der Lock-In-Thermografie (LIT) werden die Sequenzen mit periodischer Anregung des Prüfobjektes analysiert und es wird u. a. ein Amplituden- und ein Phasenbild berechnet. Das Dokumentieren der Ergebnisse erleichtert die spätere Auswertung.

### Automatisierte Prüfung für Laserschweißnähte an Automobilkarosserien

Software, Controller, Anregungsquellen, Wärmebildkameras, Optiken – Anwender können jede Komponente auf die Situation vor Ort hin anpassen. Die modulare Architektur der Prüfsysteme von InfraTec hat sich inzwischen bei unterschiedlichsten Anwendungen bewährt. Beispielsweise arbeitet die Volkswagen AG mit einem System zur zerstörungs- und berührungslosen Prüfung von Laserschweißnähten an Karosserieteilen mittels Wärmefluss-



## 25 Jahre angewandte Thermografie

### Thermografiebasierte Prüfung von Laserschweißverbindungen

#### Vielfältig einsetzen

- Prüfung von Laserschweißnähten bzw. Widerstandsschweißpunkten mit Wärmeflussthermografie

#### Effizienz steigern

- Vollautomatische Prüfanlage mit Messzeiten von wenigen Sekunden pro Schweißstelle

#### Fehler erkennen

- Hohe Prüfsicherheit durch Auswertung mit umfangreich parametrierbarem Software-Algorithmus

#### Qualität dokumentieren

- Einbindung in das örtliche Qualitätsmanagement durch direkte Erstellung von Messprotokollen und Anbindung an Datenbanken

#### Prozesse überwachen

- Detektion und Klassifikation verschiedener Fehlerarten für frühzeitiges Erkennen von Abweichungen im Fügeprozess

3,1  
MegaPixel

10  
GigE  
25.000 Hz

IP67

JUL  
Trigger

<15  
mK



thermografie. Dazu wird die zu prüfende Stelle durch einen optischen Hochleistungsblitz angeregt. Eine Wärmebildkamera erfasst den zeitlichen Verlauf der Wärmeausbreitung an der Oberfläche des Bauteils mit der zu prüfenden Schweißverbindung.

Herzstück des Systems sind zwei Wärmebildkameras der High-End-Serie ImageIR®. Deren gekühlte Photonendetektoren ermöglichen Wärmebilder mit einer thermischen Auflösung von 20 mK. Die Ausstattung umfasst zudem zwei Blitzköpfe. Wärmebild-Sequenzen lassen sich so entweder aufnehmen, wenn der Blitz auf der gegenüberliegenden Seite der Kamera installiert ist (transmissive Anordnung) oder sich auf der gleichen Seite wie die Kamera befindet (reflexive Anordnung).

Nach dem Start der Bauteilprüfung und der Eingabe der Bauteilkennung beginnen die thermografischen Messungen automatisch. Anhand der berechneten Messdaten zeigt sich ein Unterschied zwischen intakten Laserschweißnähten und denen, die über keine ausreichende stoffliche Verbindung der Bleche verfügen. Korrekte Nähte weisen einen anderen Wärmefluss auf als fehlerhaft verbundene Nähte. Die Software wertet die Wärmebilder der Schweißverbindungen parallel zur weiteren Aufnahme automatisiert aus. Die visuelle Begutachtung kann auch ein Prüfer übernehmen – vom Aufnahmeprozess entkoppelt sofort oder auch später.

Durch das Verfahren erhöht sich die Prüfsicherheit, während parallel die Prüfzeiten und Kosten gegenüber der zerstörenden Prüfung deutlich sinken. Von dem Plus an Qualität und Quantität profitiert die gesamte Fertigung.

#### Über InfraTec

Die InfraTec GmbH Infrarotsensorik und Messtechnik wurde 1991 gegründet und hat ihren Stammsitz in Dresden. Das inhabergeführte Unternehmen beschäftigt mehr als 200 Mitarbeiter und verfügt über eigene Entwicklungs-, Fertigungs- und Vertriebskapazitäten. Mit dem Geschäftsbereich Infrarot-Messtechnik zählt InfraTec zu den führenden Anbietern kommerzieller Wärmebildtechnologie. Neben der High-End-Kameraserie ImageIR® und der Produktfamilie VarioCAM® High Definition bietet das Unternehmen schlüsselfertige thermografische Automationslösungen. Infrarot-Sensoren mit elektrisch durchstimmmbaren Filtern auf MOEMS-Basis zählen neben spektral ein- und mehrkanaligen Infrarot-Detektoren zu den Produkten des Geschäftsbereiches Infrarot-Sensorik. Die Detektoren kommen z. B. bei der Gasanalyse, der Feuer- und Flammensensorik sowie der Spektroskopie zum Einsatz.

#### KONTAKT

##### InfraTec GmbH

Infrarotsensorik und Messtechnik  
Gostritzer Straße 61–63, D-01217 Dresden  
Tel.: +49 351 8718610  
Fax: +49 351 8718727  
thermo@InfraTec.de  
www.InfraTec.de

## » Lehrstuhl Werkstofftechnik, Institut für Werkstoffe (Ruhr-Universität Bochum) «

*Ausrichtung des Lehrstuhls Werkstofftechnik (Prof. Dr.-Ing. W. Theisen): Die Werkstofftechnik ist von strategischer Bedeutung für die Entwicklung innovativer Produkte und damit für die Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft. Der Lehrstuhl Werkstofftechnik (LWT) der Fakultät Maschinenbau an der Ruhr-Universität Bochum hat hierzu in der Vergangenheit sowohl im wissenschaftlichen als auch im industriellen Bereich beigetragen.*

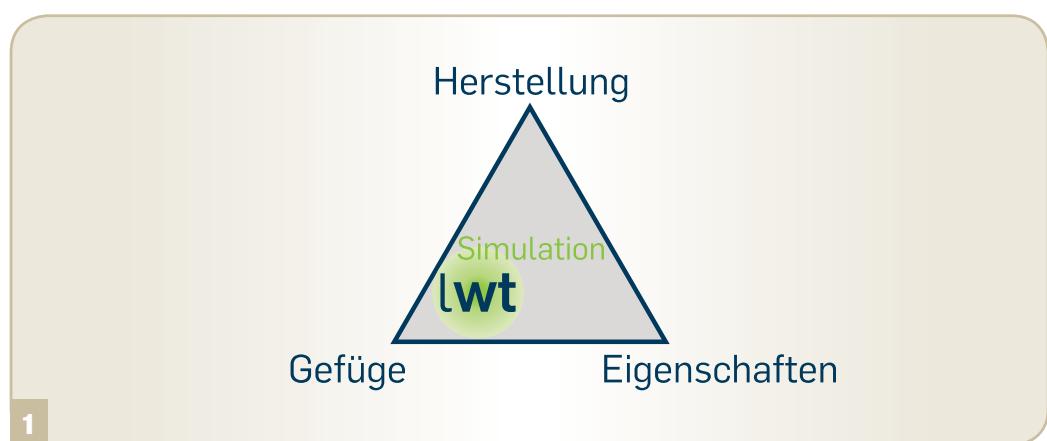


Abbildung 1: Funktionsdreieck der Werkstofftechnik.

Im abgebildeten Funktionsdreieck ist der Forschungsschwerpunkt des LWT in der linken unteren Ecke angesiedelt und liegt auf dem Werkstoffgefüge und der damit verbundenen Optimierung bzw. Neuentwicklung von Werkstoffen. Dabei geht es um die Entschlüsselung der grundsätzlichen Zusammenhänge zwischen der Legierungszusammensetzung und dem sich herstellungsbedingt einstellenden Gefüge. Um diese Fragen in der erforderlichen wissenschaftlichen Tiefe nachgehen zu können, steht am Institut für Werkstoffe in Bochum eine exzellente und hochmoderne Ausstattung für Werkstoffuntersuchungen aller Art zur Verfügung. Zunehmend wichtiger wird die Simulation, die wesentliche Erkenntnisse zur Gefügeentstehung, zur Verteilung der Legierungselemente auf die Phasen im Gefüge und in den letzten Jahren vermehrt zu den Eigenschaften der einzelnen Phasen liefert.

Die Forschungsaktivitäten des LWT konzentrieren sich auf die folgenden Werkstoffgruppen:

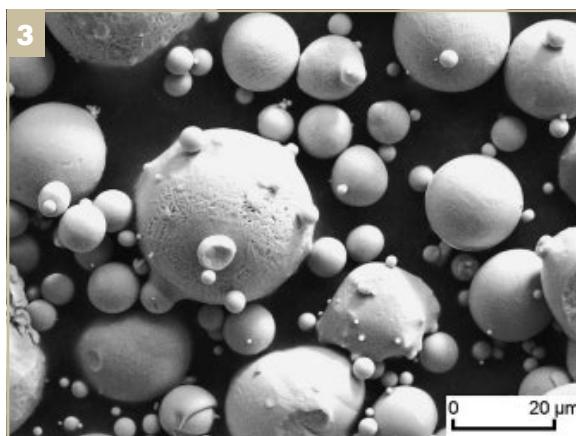
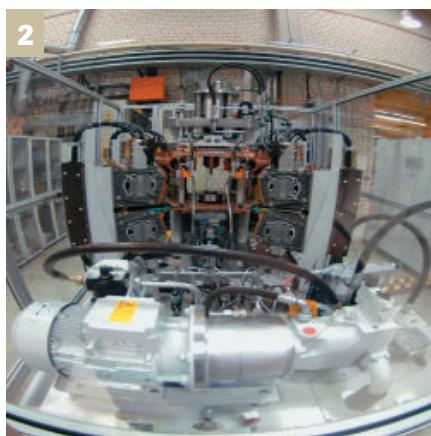
### ■ Hochlegierte Stähle und Gusslegierungen

Hierzu gehören die N-legierten und hochfesten austenitischen sowie martensitischen Stähle, warmfeste, ferritische und nichtrostende Stähle, pulvermetallurgisch hergestellte Werkzeugstähle für die Kalt-, Warm- und Schnellarbeit sowie verschleißbeständige Gusslegierungen auch für Anwendungen bei erhöhter Temperatur. In den meisten Fällen starten die Projekte mit Gefügeberechnungen mittels Calphadmethoden, auf deren Basis kleine Laborschmelzen hergestellt und charakterisiert werden. Im nächsten Schritt erfolgt ein Upscaling der Werkstoffproben bis zur Größe realer Bauteile, unter Anpassung und Optimierung der dazugehörenden Fertigungstechnik.

## ■ Hartlegierungen und MMC auf Fe-, Ni- und Co-Basis

Im Kampf gegen Abrasionsverschleiß konzentriert sich der LWT auf hartstoffreiche, mehrere Millimeter dicke Schutzschichten, die durch Auftragsschweißen oder neu entwickelte Sintermethoden auf kostengünstige Substrate aufgebracht werden. Dabei geht es um die Entwicklung neuartiger Kombinationen von

In den genannten Themenfeldern bearbeitet LWT zahlreiche Forschungsthemen, zu einem Drittel mit grundlegenden Fragestellungen und durch die DFG finanziert. Ein weiteres Drittel sind Transferprojekte mit zahlreichen Industriepartnern und überwiegender Förderung durch das BMBF und das BMWi. Es verbleiben Projekte, in denen der LWT von der Industrie direkt beauftragt wird, wobei häufig die Legierungsentwicklung im Fokus des Interesses



Metallmatrices und technisch bisher selten genutzter Hartstoffe. Dies stellt oft besondere Anforderungen an die Grenzfläche Hartstoff-Metallmatrix, ein auch auf der Grundlagenseite viel beachtetes Thema.

steht. Eine Vielzahl von Themen hat zahlreiche Forschungskooperationen mit wichtigen großen Unternehmen der deutschen Industrie sowie mit kleinen und mittelständischen Firmen und Instituten anderer Forschungsstätten hervorgebracht.

## ■ Nickelbasis-Legierungen mit besonderen Eigenschaften

Der LWT hat sich in den vergangenen 10 Jahren mit NiTi-Formgedächtnislegierungen befasst, wobei die Fügetechnik kleiner Abmessungen mittels Laserschweißen im Vordergrund stand. Seit Anfang 2012 ist der Lehrstuhl Teil eines Transregio-Sonderforschungsbereich zwischen Bochum und Erlangen, in dem es um einkristalline Ni-Superlegierungen geht, deren Wärmebehandlungscharakteristik in HIP-Anlagen unter Druck betrachtet wird.

Der Lehrstuhl Werkstofftechnik gehört zum Institut für Werkstoffe der Fakultät für Maschinenbau an der Ruhr-Universität Bochum, in welchem noch die Lehrstühle Werkstoffwissenschaft und Werkstoffe der Mikrotechnik beheimatet sind.

■ Mehr Informationen zu den Aktivitäten des Lehrstuhls Werkstofftechnik in Forschung und Lehre sind auf [www.wtech.rub.de](http://www.wtech.rub.de) zu finden.

**Abbildung 2:** Gasverdüstes Stahlpulver mit dendritischer Erstarrungsstruktur.

**Abbildung 3:** Maschine zum Kondensatorenladungssintern: vom Pulver zum Bauteil in Millisekunden.

**Abbildung 4:** Laserschweißen von Drähten im Mikrometerbereich.

# » Lehrstuhl Werkstoffwissenschaft, Institut für Werkstoffe (Ruhr-Universität Bochum) «

*Der Lehrstuhl Werkstoffwissenschaft wurde von 1968 bis 1995 von Herrn Prof. em. Dr.-Ing. Dr.-Ing. eh. E. Hornbogen geleitet, seit April 1995 führt Prof. Dr.-Ing. G. Eggeler die Amtsgeschäfte. Seit der Gründung des Lehrstuhls stehen mikrostrukturelle Fragestellungen im Zentrum der Lehr- und Forschungsaktivitäten. Die Elemente der Mikrostruktur (Punktdefekte, Versetzungen, Grenzflächen, Teilchen, Poren) bestimmen die Eigenschaften von Werkstoffen.*



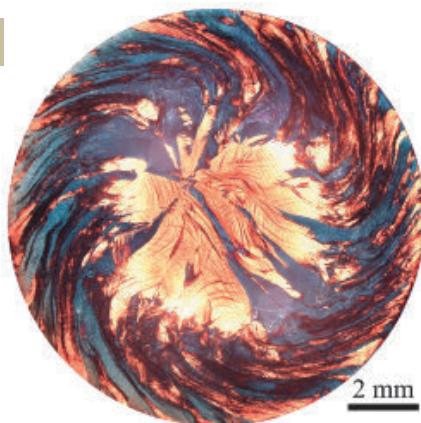
*Prof. Dr.-Ing. Gunther Eggeler,  
Inhaber des Lehrstuhls Werkstoff-  
wissenschaft der Ruhr-Universität  
Bochum.*

**W**ir befassen uns mit der Entstehung von Mikrostrukturen bei der Herstellung von Werkstoffen. Wir untersuchen, warum und wie die Mikrostruktur wichtige Werkstoffeigenschaften beeinflusst. Wir erforschen, wie sich die Mikrostruktur von Werkstoffen im Verlauf der Werkstoffherstellung und des Werkstoffeinsatzes verändert. Wir wollen mit unseren Forschungsarbeiten dazu beitragen, dass wesentliche mikrostrukturelle Elementarprozesse wahrgenommen und verstanden werden.

Es gibt am Lehrstuhl Werkstoffwissenschaften fünf Arbeitsrichtungen: Strukturwerkstoffe, Funktionswerkstoffe, Reaktionen in und an festen Stoffen, Charakterisierung und Modellierung. Im Bereich *Strukturwerkstoffe* setzen wir einen Arbeitsschwerpunkt im Bereich *Hochtemperaturwerkstoffe*. Seit 2012 ist Professor G. Eggeler Sprecher des interdisziplinären SFB/TR 103, in dem es um einkristalline Superlegierungen für Turbinenschaufeln in Gasturbinen geht. Was die *Funktionswerkstoffe* betrifft, so hat der Lehrstuhl Werkstoffwissenschaft eine lange Tradition im Bereich der Formgedächtnislegierungen. Von 2000 bis 2011 leiteten wir den SFB 459 „Formgedächtnistechnik“, in welchem es um NiTi-Formgedächtnislegierungen ging, zu deren Erfolg auch unsere Arbeiten ein wenig beigetragen haben. In der Gruppe *Reaktionen in und an festen Stoffen* befassen wir uns mit speziellen kinetischen Fragestellungen, wie zum Beispiel mit der Reaktion metallischer Schmelzen mit Tiegelmaterialien oder mit der Vergrößerung von Ausschei-

dungsteilchen bei hohen Temperaturen. Im Bereich *Charakterisierung* setzen wir Beugungsverfahren ein (Röntgendiffraktometer, Synchrotron- und Neutronenbeamlines). Die orientierungsabbildende Rasterelektronenmikroskopie spielt eine große Rolle. Insbesondere beschäftigen wir uns aber mit der Transmissionselektronenmikroskopie (TEM), wobei wir den Beugungskontrast im Raster-TEM-Modus für Stereomikroskopie nutzen, um Informationen zur räumlichen Anordnung der Elemente der Mikrostruktur zu erhalten. In unserer *Modellierungsgruppe* beschäftigen wir uns mit der atomistischen Simulation der martensitischen Umwandlung mit der Finite Element-Modellierung nichtlinearer Systeme mit thermo/mechanischer Kopplung und/oder mit zeitabhängigem Verformungsverhalten. Alle Forschungsgruppen des Lehrstuhls Werkstoffwissenschaft sind national und international gut vernetzt. Wir wissen sehr wohl, dass wir nur in der Kooperation, im Austausch, in der Diskussion mit anderen Fachleuten unsere Aufgaben lösen können. Das gilt nicht nur für unsere Partner aus dem akademischen Bereich, sondern insbesondere auch für die Zusammenarbeit mit Materialforschern und Werkstoff-Ingenieuren aus der Industrie. In der Lehre bringen wir unseren Studierenden die Wissenschaft von den Werkstoffen mit ihrer grundlagenorientierten (Versetzungsmechanik, Kinetik von Festkörperreaktionen, experimentelle Methoden aus den Bereichen Beugung, Mikroskopie und mechanische und thermische Eigenschaften) und ihrer integrativen, anwendungsbezogenen Seite (Werkstoff-

1

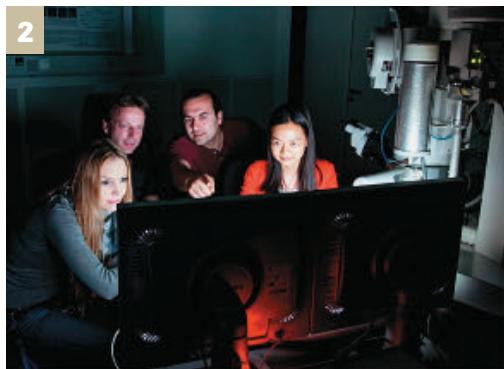


Schnittmengen mit diesen Feldern, und daraus ergeben sich Forschungsprojekte, an denen wir am Lehrstuhl Werkstoffwissenschaften arbeiten. Zum Beispiel spielen die oben genannten Hochtemperaturwerkstoffe in den Bereichen Energie und Transport eine Rolle, die Formgedächtniswerkstoffe sind in der Medizintechnik wichtig und werden als Aktormaterialien im Automobilbau und in der Luft- und Raumfahrt eingesetzt. Die Wissenschaft von den Werkstoffen hat außerdem eine natürliche Nähe zu Biomaterialien, zur Mikrosystemtechnik und zur Nanotechnologie.

**Abbildung 1:** Spiralförmige Kornstruktur in rundgehämmertem Kupfer, F. Otto 2012.

herstellung, Werkstoffauswahl, Recycling) in Theorie und Praxis bei. Wir gehören als Werkstoffwissenschaftler zu den Ingenieurwissenschaften, auch wenn wir stark naturwissenschaftlich geprägt sind. In der Lehre sehen wir unsere Aufgabe darin, Werkstoffingenieure mit Sachkenntnis und Kreativität, Spürsinn und einem guten Blick für größere

2



An der Ruhr-Universität Bochum ist der Lehrstuhl Werkstoffwissenschaft in ein attraktives Umfeld eingebettet. Er gehört dem Institut für Werkstoffe der Fakultät für Maschinenbau an, wo ein gutes Klima herrscht und wo Ressourcen gemeinsam genutzt werden. Der Lehrstuhl Werkstoffwissenschaft ist über eine Advanced Study Group eng mit dem Modellierungsinstitut ICAMS verbunden, das unsere experimentellen Arbeiten theoretisch untermauern hilft. Außerdem gehört er dem interdisziplinären Materials Research Department (MRD) der Ruhr-Universität Bochum an, über welches wir mit unseren Kolleginnen und Kollegen aus der Biologie, der Chemie, den Geowissenschaften und der Physik in engem Kontakt stehen. Überdies helfen uns sehr gute Kontakte zum FZ Jülich, zum MPIE Düsseldorf und zur DLR Köln beim Erreichen unserer wissenschaftlichen Ziele. Der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde (DGM) ist der Lehrstuhl Werkstoffwissenschaft seit seiner Gründung eng verbunden. Die DGM ist unsere wissenschaftliche/technische Heimat. Die Aktivitäten des DGM-Regionalforums Rhein-Ruhr tragen wir gerne mit, dabei profitieren wir auch von den guten Kontakten zu den anderen Werkstoffstandorten unseres Regionalforums. Wir freuen uns über eine Kontaktaufnahme und sind gerne zu einem Gespräch über eine Zusammenarbeit bereit.

**Abbildung 2:** Arbeiten am Durchstrahlungselektronenmikroskop Tecnai Supertwin F20.

Zusammenhänge auszubilden. Als interdisziplinäre Fachrichtung trägt die Wissenschaft von den Werkstoffen zu den Bereichen Energie, Transport, Gesundheit und Umwelt bei. Es gibt verschiedene

3



**Abbildung 3:** Mitglieder des Lehrstuhls Werkstoffwissenschaft, Oktober 2013.

Informationen zum Lehrstuhl Werkstoffwissenschaften finden sie unter: [www.ruhr-university-bochum.de/ww](http://www.ruhr-university-bochum.de/ww).

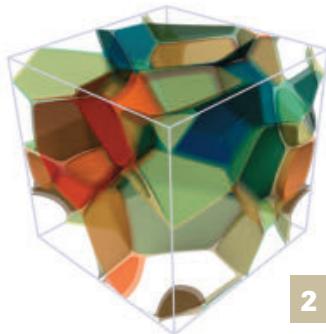
# » ICAMS – Interdisciplinary Centre for Advanced Materials Simulation (Ruhr-Universität Bochum) «

*Aufgabe des 2008 an der Ruhr-Universität gegründeten „Interdisciplinary Centre for Advanced Materials Simulation“ (ICAMS) ist die Entwicklung skalenübergreifender Simulationsmethoden zum Verständnis und Design von Werkstoffen: über verschiedene Zeitskalen hinweg ebenso wie über verschiedene Größenskalen vom Atom bis zum Werkstoff.*



INTERDISCIPLINARY CENTRE FOR ADVANCED MATERIALS SIMULATION

**Abbildung 1:** Atomistische Struktur zur Wechselwirkung von Wasserstoff mit Metallcarbiden.



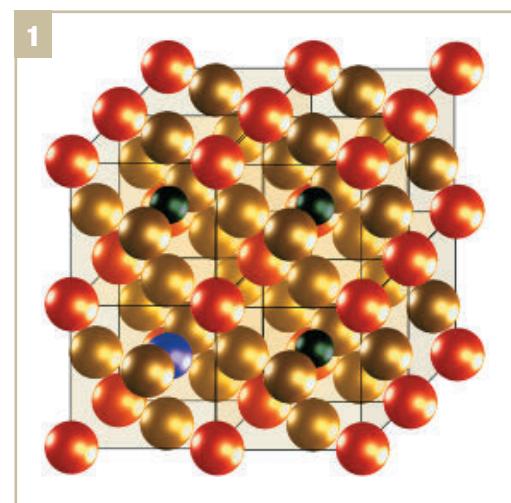
**2**

**Abbildung 2:** Phasenfeldsimulation einer komplexen Mikrostruktur.

Die Forscher am ICAMS sind angetreten, um Lücken im Bereich Werkstoffsimulation zu schließen und neue Methoden zur skalenüberbrückenden Modellierung zu entwickeln und einzusetzen, um die fundamentalen Prozesse und Mechanismen der Mikrostrukturentwicklung und den daraus resultierenden Eigenschaften zu verstehen. Dieses recht theoretisch anmutende Konstrukt wird am ICAMS auf technologisch relevante Materialien – wie ein- und mehrphasige Stähle und Nickel-basis Superlegierungen für den Hochtemperatur-einsatz – angewandt und somit sehr praktisch umgesetzt.

Das ICAMS arbeitet dazu sowohl disziplinen- als auch methodenübergreifend. Die Vielfalt reicht dabei von reiner Materialwissenschaft über Physik und Chemie bis zu Mathematik und Informatik, von quantenchemischen Rechnungen über Versetzungsdynamik bis hin zu Kontinuumsverfahren wie Phasenfeld- und Kristallplastizitätsmethoden. Die Forschung an neuen Verknüpfungen von Methoden zum Schließen von skalenüberbrückenden Ansätzen ist eine hervorstechende Stärke von ICAMS, auch im internationalen Vergleich.

Das Zentrum umfasst drei Stiftungslehrstühle (Prof. Dr. Ralf Drautz, Prof. Dr. Ingo Steinbach, Prof. Dr. Alexander Hartmaier). Weitere Arbeitsgruppen befinden sich am Institut für Werkstoffe an der Ruhr-Universität, der Universität Münster, der Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH in Düsseldorf und dem Institut für Eisenhüttenkunde an der RWTH Aachen. ThyssenKrupp Steel Europe finanziert darüberhinaus eine Arbeitsgruppe zu „High-Performance Computing in Materials Science“ an dem Zentrum. Ein reger Austausch von Wissen und Wissenschaftlern besteht zwischen ICAMS und Großbritannien (University of Oxford), Frankreich (CNRS – SIMaP-GPM2, Grenoble), den USA (University of Texas, Austin) und weiteren Ländern. Mit dem Zentrum erfährt die seit Jahren erfolgreiche Materialforschung an der RUB eine weitere Stärkung.



dorf und dem Institut für Eisenhüttenkunde an der RWTH Aachen. ThyssenKrupp Steel Europe finanziert darüberhinaus eine Arbeitsgruppe zu „High-Performance Computing in Materials Science“ an dem Zentrum. Ein reger Austausch von Wissen und Wissenschaftlern besteht zwischen ICAMS und Großbritannien (University of Oxford), Frankreich (CNRS – SIMaP-GPM2, Grenoble), den USA (University of Texas, Austin) und weiteren Ländern. Mit dem Zentrum erfährt die seit Jahren erfolgreiche Materialforschung an der RUB eine weitere Stärkung.

■ Mehr Informationen unter [www.icams.de](http://www.icams.de).



Abbildung 3: ICAMS-Mitglieder bei jährlichen wissenschaftlichen Retreat in Soest 2013.

### High-Performance Computing

Wichtigstes Werkzeug am Interdisciplinary Centre for Advanced Materials Simulation ist der institutseigene Großrechner. Aufwändige Simulationen zur Berechnung von Materialeigenschaften und dem virtuellen Werkstoffdesign, die auf einem modernen PC. Monate dauern würden, können so in wenigen Stunden bis Tagen durchgeführt werden.

Die äußerst kompakte Bauweise vereint über 4.500 Prozessorkerne mit insgesamt fast dreißig Terabyte Arbeitsspeicher in zehn Serverschränken, von denen jeder eine Tonne wiegt. Die von den Prozessoren verursachte Abwärme wird mittels einer energieeffizienten Wasserkühlung abgeführt, deren Wirkungsgrad deutlich über der einer konventionellen Klimaanlage liegt. Der auf dem freien Betriebssystem LINUX basierende Rechencluster verfügt über ein hocheffizientes Ressourcenmanagement und ein Infiniband Hochgeschwindigkeitsnetzwerk zur schnellen Kommunikation der Rechenknoten. Die Verteilung der Rechenzeit

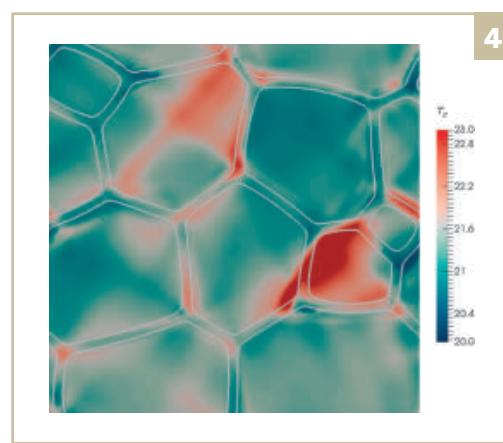


Abbildung 4: Simulation der Kristallplastizität in einem Polykristall.

auf die Anwender wird über ein intelligentes Queuing System geregelt. Durch den Einsatz eines Cluster Management Systems und hoch qualifizierter Administratoren werden lange Verfügbarkeitszeiten erreicht, eine unabdingbare Voraussetzung für die Durchführung rechenzeitintensiver Simulationen.

Abbildung 5: Der ICAMS High-performance Rechencluster.



Abbildung 6: Nach dem 5-jährigen Bestehen von ICAMS erhalten die drei Institutedirektoren (A. Hartmaier, I. Steinbach und R. Drautz) von den wissenschaftlichen Mitarbeitern (T. Hammerschmidt und R. Janisch) einen Photobildband, der die Anfangsphase des ICAMS dokumentiert.

# » Die neue Generation des SPECTROMAXx Metallanalysators besticht durch Schnelligkeit und Sparsamkeit «

*Die neue Generation des SPECTROMAXx Metallanalysators punktet durch einen niedrigen Gasverbrauch, kurze Messzeiten und eine hohe analytische Leistung. Kunden kommen so in den Genuss einer präzisen Elementanalyse mit noch schnellerem Probendurchsatz und zu spürbar niedrigeren Kosten.*

**H**aupteinsetzgebiete des SPECTROMAXx sind die Warenein- und -ausgangskontrollen in der Metallindustrie sowie die Prozessüberwachung in Gießereien. Mit diesem Gerät lassen sich alle in der Metallindustrie verwendeten Elemente bestimmen, inklusive der anwendungsrelevanten Analyse von Kohlenstoff, Phosphor, Schwefel und Stickstoff. Für die Basen Eisen, Aluminium, Kupfer, Nickel, Kobalt, Titan, Magnesium, Zink, Zinn und Blei stehen Kalibrationsmodule zur Verfügung.

Die Vorteile des neuen SPECTROMAXx im Überblick:

## ■ Geringere laufende Kosten

Das neue SPECTROMAXx punktet durch einen überaus sparsamen Betrieb. Der Gasverbrauch wurde durch diverse Optimierungen soweit gesenkt, dass je nach Gerätekonfiguration bis zu 60 Prozent weniger Gas benötigt wird. Der bewährte „Sleep“-Modus zur Einsparung von Argon reduziert den Gasverbrauch zusätzlich. Ein weiteres Plus ist die vom High-End-Gerät SPECTROLAB übernommene Reinigungs-spülung, die das entstandene Kondensat regelmäßig aus dem Funkenstand entfernt. Auf diese Weise wird der Wartungsbedarf reduziert und die Geräteverfügbarkeit gesteigert.

## ■ Reduzierte Messzeiten

Verschiedene technologische Weiterentwicklungen haben zu einer zusätzlichen



Reduzierung der Messzeiten geführt, was die Produktivität des SPECTROMAXx noch einmal signifikant verbessert. So wurde u.a. eine dynamische Vorfunkzeit implementiert, die den Messprozess – insbesondere bei Proben hoher Qualität – deutlich beschleunigt. Hierdurch verringert sich die Messzeit, abhängig vom Basismaterial, um 15 bis 20 Prozent pro Messung.

## ■ Hohe analytische Leistungsstärke

Beim neuen SPECTROMAXx wurde jede Möglichkeit genutzt, die schon hervorragende Analysestabilität nochmals zu verbessern. Zusätzlich wurde in vielen Bereichen die Elementauswahl erweitert, um auch im Hinblick auf zukünftige Anforderungen optimal aufgestellt zu sein.

#### Optimierte Kleinteileadapter

Die Messung von Proben mit unterschiedlichsten Abmessungen und deren optimale Positionierung auf dem Funkenstand stellt meist eine Herausforderung dar. Daher bietet das neue SPECTROMAXx ein Set optimierter, flexibel einsetzbarer Kleinteileadapter. Hiermit lassen sich beispielsweise auch Drähte mit einem Durchmesser von unter 1 mm auf der Kopfseite messen, was das Handling und das Umrüsten vereinfacht.

#### Umfassende Diagnosefunktionalitäten

Die neue Generation des SPECTROMAXx verfügt über ein intelligentes Diagnosesystem, das sämtliche kritische Gerätekomponenten fortlaufend überwacht. Eine optionale Machine-to-Machine (M2M) Ferndiagnose ermöglicht darüber hinaus eine schnelle, proaktive Störungsbeseitigung.

#### KONTAKT

**SPECTRO**  
**Analytical Instruments GmbH**  
Boschstraße 10  
D-47533 Kleve  
Tel.: +49 2821 8920  
Fax: +49 2821 8922200  
[spectro.info@ametek.com](mailto:spectro.info@ametek.com)  
[www.spectro.com](http://www.spectro.com)



## SPECTROMAXx



**AMETEK**  
MATERIALS ANALYSIS DIVISION



## Werkstoffkontrollanalyse Generationen voraus

Die neue, siebte Generation des Metallanalysators SPECTROMAXx bietet noch schnellere Messzeiten und noch größere Einsparungen bei den Betriebskosten. Aber Maßstäbe hat das SPECTROMAXx schließlich schon immer gesetzt.

Infos unter [www.spectro.de/maxx](http://www.spectro.de/maxx)

## » Der Lehrstuhl Materials Design der Ruhr-Universität Bochum «

*Der Lehrstuhl Materials Design von Prof. Dr. Easo P. George wurde zum Wintersemester 2014/2015 gegründet. Nachdem Prof. George in den USA über 25 Jahre im Oak Ridge National Laboratory (ORNL) und an der University of Tennessee (UT) geforscht und gelehrt hat (an der UT 12 Jahre als Professor für Materials Science and Engineering), ist er zur Ruhr-Universität Bochum gewechselt. Der Fokus der Arbeitsgruppe in Bochum liegt in der Entwicklung, Herstellung und Verarbeitung neuer Legierungen. Von großem Interesse ist die Charakterisierung mikrostruktureller und mechanischer Eigenschaften, mit dem Ziel, neue Werkstoffe zu entwickeln und die Eigenschaften vorhandener Werkstoffe zu optimieren.*



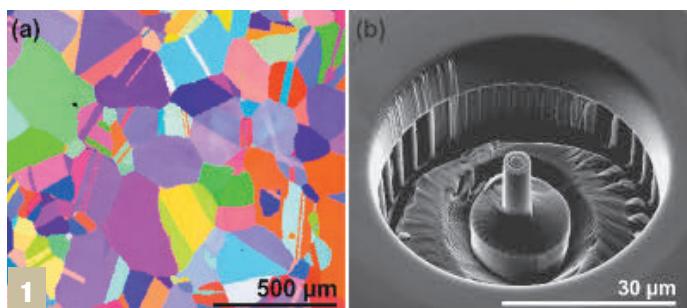
**Prof. Dr. Easo P. George,**  
Inhaber des Lehrstuhls  
Materials Design der Ruhr-Universität  
Bochum.

**E**in großes Forschungsgebiet der Arbeitsgruppe stellen die High-Entropy-Alloys (HEA) dar. Es soll ein fundamentales Verständnis zum Zusammenhang zwischen Legierungszusammensetzung, Mikrostruktur und Eigenschaften dieser komplexen Mischkristalle erarbeitet werden. In der Gruppe werden dazu ausgewählte Modelllegierungen mit-

**Abbildung 1: REM-Aufnahmen.**  
(a) Elektronenrückstreubeugungsaufnahme einer HEA-Legierung;  
(b) Einkristalline HEA Mikro-Druckprobe (aus einem ausgewählten Korn dieser Legierung).

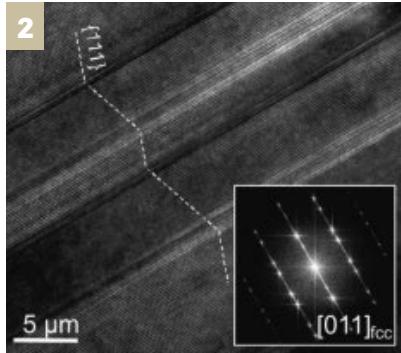
tels Schmelzmetallurgie hergestellt und vielfältige Test- und Charakterisierungsmethoden über verschiedene Längenskalen genutzt, um komplexe Zusammenhänge zwischen Zusammensetzung, Mikrostruktur, Verformungs- und Bruchverhalten dieser Legierungen zu untersuchen. Ein Schwerpunkt der Arbeiten liegt in der Herstellung und Verarbeitung dieser Legierungen. Es werden sowohl Induktions- als auch Lichtbogenschmelzen mit anschließenden Umform- und Wärmebehandlungen verwendet, um eine optimale Mikrostruktur zu erhalten. Ein weiterer Schwerpunkt liegt in der mechanischen Charakterisierung der Materialien. In der Gruppe werden makroskopische und mikroskopische mechanische Versuche unter verschiedenen Umgebungsbedingungen durchgeführt, um z.B. Fragestellungen zur Temperaturabhängigkeit von mechanischen Eigenschaften und zur Versetzungsbewegung zu beantworten.

In der Lehre ist der Lehrstuhl Materials Design in die Vertiefungsrichtung Werkstoff- und Micro-



engineering (der Fakultät für Maschinenbau) und in den Masterstudiengang Materials Science and Simulation (MSS) des ICAMS eingebunden. In den Vorlesungen werden grundlegende Aspekte der Werkstoffwissenschaft vermittelt, wie z.B. Thermodynamik der Mischphasen oder Festkörperumwandlungen, aber auch Grundlegendes zu Erstarrungsvorgängen oder zum Herstellen von Einkristallen.

Die Ruhr-Universität Bochum, die Fakultät Maschinenbau und insbesondere das Institut für Werkstoffe bieten dem Lehrstuhl Materials Design ein hervorragendes Arbeitsumfeld, in dem die unterschiedlichen Gruppen eng zusammen arbeiten und Ressourcen effektiv gemeinsam genutzt werden. Des Weiteren findet auch eine gute Zusammenarbeit zwischen dem Lehrstuhl Materials Design und den Modellierungsgruppen des ICAMS statt, um effektiv Experiment und Theorie zusammenzubringen. Das Materials Research Department (MRD) der Ruhr-Universität, in dem Prof. George und wei-



2



3

Abbildung 2: Nano-Zwillinge in einer HEA-Legierung aufgenommen im hochauflösenden Transmissionselektronenmikroskop.

Abbildung 3: Mitglieder des Lehrstuhls Materials Design, März 2016.

tere Mitarbeiter des Lehrstuhls Materials Design Mitglied sind, bietet fächerübergreifend die Möglichkeit, interessante Fragestellungen mit Physikern, Chemikern, Biologen oder Geowissenschaftler der Ruhr-Universität zu bearbeiten. Außerdem hält der Lehrstuhl Materials Design engen Kontakt zu externen Forschern aus dem In- und Ausland, wie dem MPIE Düsseldorf, dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT), der Montanuniversität Leoben (Österreich), dem Oak Ridge National Lab (USA), der

University of Tennessee (USA), der Ohio State University (USA), der University of California Berkeley (USA) und der Kyoto University in Japan.

Als ein relativ neuer Lehrstuhl freuen wir uns auf die weitere Zusammenarbeit mit der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde (DGM) und auf neue Kontakte im DGM-Regionalforum Rhein-Ruhr.

■ Kontakt: [easo.george@rub.de](mailto:easo.george@rub.de)



# NICHTS FÜR WEICHEIER!

Sondern für Menschen, die unser Leben sicherer machen. Und dafür gezielt geschult werden. Von VECTOR NDT TRAINING. Dem Unternehmen für Schulungen in zerstörungsfreier Prüfung.

**Wir schulen Sie nach EN ISO 9712 in allen Bereichen der Industrie, in den Stufen 1, 2 und 3.**

- RT, DR, FAW/FAC, MT, UT, UTW, PT, VT, VT-WS, ET, LT, TT

**Wir bieten Ihnen zudem**

- Qualifizierungen für eine Arbeitgeberzertifizierung nach ASME BPV Code gemäß SNT-TC-1A, CP189 & ACCP
- nationale und internationale VECTOR NDT TRAINING Stützpunkte.

Alles unter [www.vector-ndt-training.com](http://www.vector-ndt-training.com)

VECTOR NDT TRAINING: ZfP-Schulungen und Prüfungen. Weltweit.

VECTOR NDT TRAINING: besser gut geschult.





## Optimale Messungen mit Zyg Oberflächenprofilometern

Multifunktionales CSI-Messgerät  
nach ISO 25178-604  
Oberflächenparameter nach ISO 25178  
Formparameter, steile Flanken  
Bildverarbeitung

**NEU:** Echtfarbendarstellung



**AMETEK Germany GmbH**  
Business Unit Zyg  
Rudolf-Diesel-Strasse 16  
64331 Weiterstadt

+49/6150-543-0  
E-Mail: [info@zygolot.de](mailto:info@zygolot.de)  
[www.zygo.de](http://www.zygo.de)

**zygo**  
AMETEK<sup>®</sup>  
ULTRA PRECISION TECHNOLOGIES

## PVA TePla

VAKUUMANLAGEN



Hochtemperatur z.B. zum  
**Schmelzen und Gießen**



Hochvakuum z.B. für  
**Lötanwendungen**



Hochdruck z.B. zum  
**Diffusionsschweißen**

PVA Industrial Vacuum Systems GmbH, 35435 Wettenberg, Germany | [vacuum@pvatepla.com](mailto:vacuum@pvatepla.com)

# RWTH AACHEN UNIVERSITY

RWTH AACHEN UNIVERSITY

**Prof. Dr. Sandra Korte-Kerzel**

■ Institut für Metallkunde und Metallphysik

**Prof. Dr. Joachim Mayer**

■ Gemeinschaftslabor für Elektronenmikroskopie (GFE)

**Prof. Jochen M. Schneider, Ph.D.**

■ Materials Chemistry

**Prof. Dr. Matthias Wuttig**

■ I. Physikalisches Institut (IA)

## » Institut für Metallkunde und Metallphysik (RWTH Aachen) «

*Das Institut für Metallkunde und Metallphysik (IMM) gehört zur Fachgruppe für Metallurgie und Werkstofftechnik der Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik der RWTH Aachen. Seit 2013 wird das Institut von Univ.-Prof. Dr. Sandra Korte-Kerzel geleitet, die diese Aufgabe vom langjährigen Institutedirektor Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Dr. h. c. Günter Gottstein übernommen hat. Die Forschung und Lehre am IMM beschäftigt sich mit den grundlegenden Beziehungen zwischen Struktur und Eigenschaften von Werkstoffen und den zugrundeliegenden physikalischen Vorgängen.*



*Univ.-Prof. Dr. Sandra Korte-Kerzel,  
Leiterin des Institutes für Metallkunde  
und Metallphysik der RWTH Aachen.*

*Abbildung 1: IMM-Doktoranden arbeiten am neuen Dual-Beam FIB/REM.*

**D**ie Eigenschaften moderner metallischer Werkstoffe werden weniger durch ihre chemische Zusammensetzung als vielmehr durch die räumliche Anordnung von Elementen und Defekten, ihre Mikrostruktur, bestimmt. Am IMM können diese mit einer Vielzahl von Methoden vom Nano- bis in den Millimeterbereich und auch *in-situ* untersucht und verstanden werden, um so Werkstoffe und Modelle zu verbessern.

Die Forschungsgebiete des IMM sind in fünf Schwerpunkte unterteilt:

### ■ **Grenzflächendynamik**

Die Mikrostruktur als Basis der Werkstoffeigenschaften wird grundlegend durch ihre Grenzflächen bestimmt. Am IMM werden die zugrundeliegenden Mechanismen bei der Korngrenzenbewegung und ihre Abhängigkeit von Grenzflächenstruktur, Chemie und Mikrostruktur untersucht. Experimentell kommen hierbei neben der Kristallzüchtung insbesondere Röntgen- und Elektronenstrahlen und speziell entwickelte *in-situ* Verformungs- und Heizapparaturen zum Einsatz.

### ■ **Kristallplastizität und Nanomechanik**

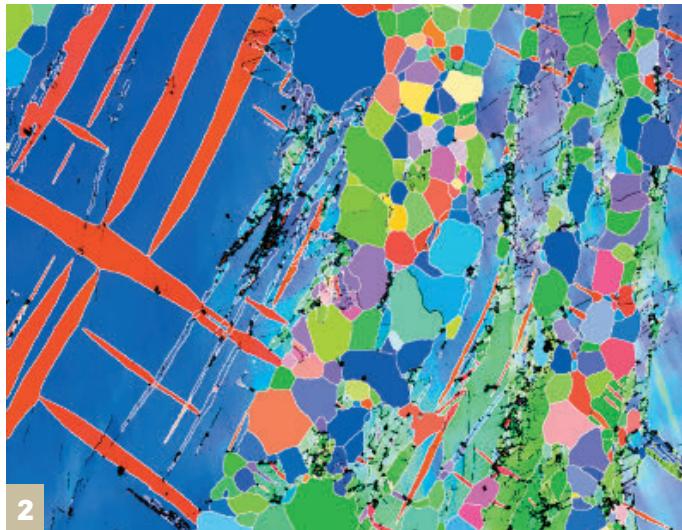
Die hohe Festigkeit vieler Konstruktionswerkstoffe wird durch die gezielte Verstärkung mit intermetallischen Phasen erreicht. Deren mechanische Eigenschaften sind jedoch aufgrund ihrer meist komplexen Kristallstruktur und Sprödigkeit als Einzelphase bisher kaum verstanden.



Neue nanomechanische Methoden erlauben nun systematische Studien. Sie bieten so die Möglichkeit, unser Verständnis drastisch zu verbessern, um damit zukünftig das Potenzial dieser riesigen Werkstoffklasse besser ausnutzen zu können.

### ■ **Nanostrukturen und -verbundwerkstoffe**

Die Strukturierung von Werkstoffen auf der Nanoskala bietet vielversprechende Eigenschaftsverbesserungen. Am IMM richtet sich das Augenmerk hierbei sowohl auf feinkörnige Werkstoffe als auch Verbunde für den Hochtemperatur Einsatz in Turbinen, wie *in-situ* Komposite auf Basis von NiAl. Im Vordergrund stehen dabei ihre Grenzflächenstrukturen und mechanischen Eigenschaften, die mittels TEM und mechanischer Prüfung bei erhöhten Temperaturen untersucht werden.



### ■ Magnesium und kristallographische Texturen

Magnesiumlegierungen sind aufgrund ihrer geringen Dichte von hohem Interesse für den Leichtbau. Für ihren wirtschaftlichen Einsatz muss jedoch die Kaltumformbarkeit verbessert werden. Am IMM werden hierfür die Einflussmöglichkeiten auf die Gefüge- und Texturdevelopment während der Verformung und Rekristallisation untersucht. Ziel ist dabei die gezielte Einstellung der mechanischen Eigenschaften als Funktion der Korngröße, Textur und Ausscheidungsverteilung.

### ■ Werkstoff- und Prozessmodellierung

Die am IMM experimentell untersuchten physikalischen Prozesse der Erholung, Rekristallisation, Verfestigung und Ausscheidung stellen die wesentlichen Vorgänge in der industriellen Fertigung dar. Sie bestimmen die Mikrostruktur und damit die Materialeigenschaften. Ein wesentlicher Bestandteil der Werkstoffoptimierung liegt daher in der Vorhersage der Textur und Mikrostruktur entlang der Gesamtprozesskette. Am IMM wird hierzu neben der physikalischen Modellbildung vor allem die Entwicklung und Anwendung moderner Simulationswerkzeuge vorangetrieben.

An der RWTH Aachen ist das IMM eng mit anderen Instituten der Fachgruppe und angrenzenden Fakultäten durch kollaborative Grundlagen- und industriennahe Forschung verbunden. Gemeinsam mit anderen Instituten der Fachgruppe werden außerdem modernste wissenschaftliche Geräte, wie etwa eine Atomsonde, betrieben, so dass ein lebendiger Austausch methodenspezifischen Wissens gelebt wird und aktiv gemeinsame Forschungsprojekte auf

den Weg gebracht werden. Auch über Landesgrenzen hinweg hält das IMM regen Kontakt mit Kollegen in Wissenschaft und Industrie. Jedes Jahr haben viele Gastwissenschaftler aus europäischen und anderen Ländern die Möglichkeit, am IMM ihre Untersuchungen im Rahmen gemeinsamer Forschungsprojekte oder Austauschprogramme (z. B. DAAD- oder HumboldtForschungsstipendien) durchzuführen. Auch die promovierenden Mitarbeiter des IMM sind von Anfang an in Kontakt mit Kollegen im umliegenden In und Ausland im Rahmen der regelmäßigen GLADD-Doktorandentreffen mit MPIE

Düsseldorf, TU Delft, Gent University und KU Leuven. Durch die Teilnahme an zahlreichen nationalen und internationalen Konferenzen werden die For-

**Abbildung 2:** Teilrekristallisiertes Magnesium mit 1%Gd nach der Verformung (EBSD Orientierungsaufnahme).

**Abbildung 3:** Mitarbeiter des IMM.



schungsarbeiten des IMM regelmäßig vorgestellt, neue Kontakte geknüpft und Anstöße zu zukünftigen Fragestellungen und kollaborativen Vorhaben gegeben. Dabei lassen sich gerade gemeinsame Aktivitäten in räumlicher Nähe äußerst gut in der Praxis ausgestalten. Die Teilnahme des IMM an Workshops und Expertentreffen im Rahmen der regionalen DGM-Aktivitäten bietet insbesondere auch den jungen Nachwuchswissenschaftlern ein ausgezeichnetes Forum für die persönliche Netzwerkbildung, den Austausch eigener Forschungsergebnisse und die Entwicklung von Karriereperspektiven.

■ Zur Kontaktaufnahme, gern für Gespräche zu möglichem Zusammenarbeiten finden Sie weitere Informationen zum IMM unter [www.imm.rwth-aachen.de](http://www.imm.rwth-aachen.de).

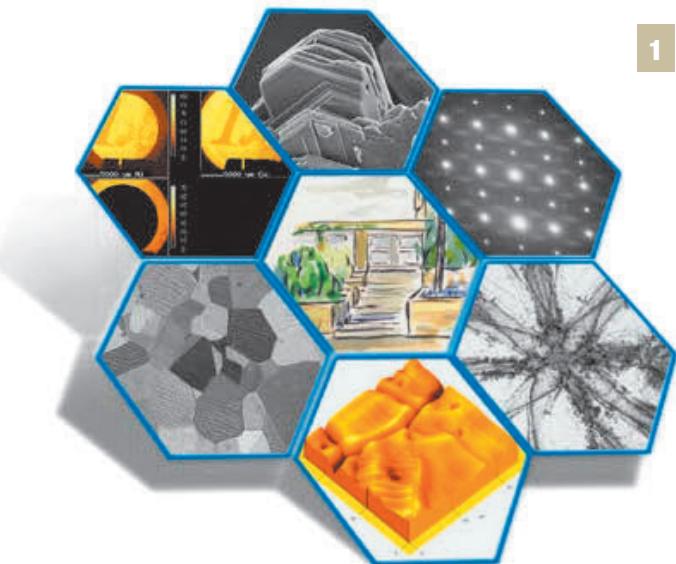
## » Gemeinschaftslabor für Elektronenmikroskopie (RWTH Aachen) «

*Das Gemeinschaftslabor für Elektronenmikroskopie (GFE) unter der Leitung von Prof. Dr. Joachim Mayer ist eine zentrale Einrichtung der RWTH Aachen. Das GFE verfügt über eine breite Palette verschiedener elektronenstrahlbasierter Verfahren zur hochauflösenden strukturellen und analytischen Charakterisierung von Werkstoffgefügen.*

**D**ie im universitären Bereich auf nationaler Ebene teilweise einzigartige Ausstattung ist darauf ausgerichtet, mit komplementären und zum Teil selbst entwickelten Methoden eine umfassende Beschreibung der strukturellen und chemisch-physikalischen Materialeigenschaften zu ermöglichen.

Die apparative Ausstattung am GFE gliedert sich in folgende Bereiche:

- Rasterelektronenmikroskopie (REM) mit zwei Feldemissions- und einem konventionellen REM. Alle Geräte sind mit EDX sowie eines auch mit EBSD ausgestattet.
- Mikrosondenanalytik (ESMA) mit einer neuen Feldemissionsmikrosonde mit 5 WDX-Spektrometern und einer konventionellen Mikrosonde
- Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) mit zwei analytischen Feldemissions-TEMs und einem konventionellen TEM
- Großkammer-Rasterelektronenmikroskopie (GK-REM) für Objekte mit bis zu 300 kg Gewicht und speziellen Möglichkeiten für *in situ*-Experimente

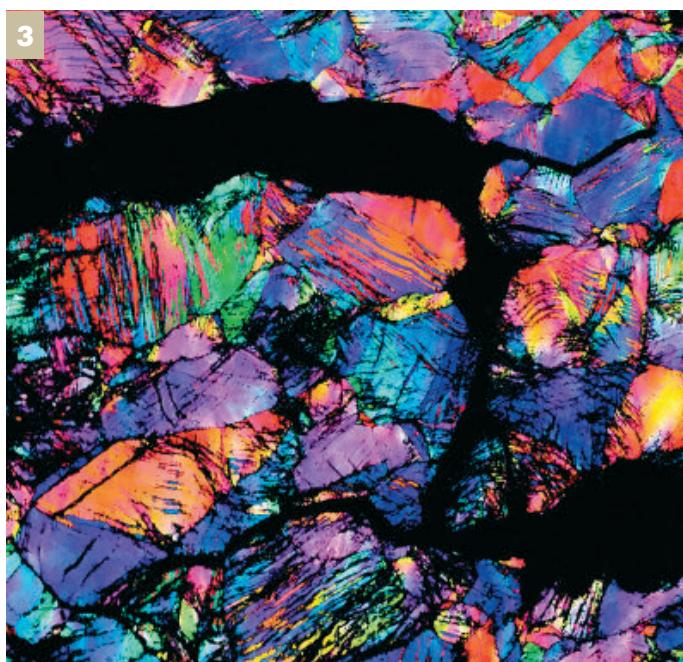


1

Zudem haben die Mitarbeiter des GFE freien Zugang auf die Geräte des gemeinsam von Forschungszentrum Jülich und RWTH Aachen gegründeten Ernst Ruska-Centrum mit seiner inzwischen weltweit einzigartigen Ausstattung.

Die Forschungsaktivitäten, die das GFE im Rahmen seiner zentralen Rolle an der RWTH Aachen ausführt, lassen sich in folgende Kategorien unterteilen:

- Dienstleistungsuntersuchungen im Auftrag von Hochschuleinrichtungen und externen Auftraggebern. Hierbei unterstützen die Mitarbeiter am GFE bestehende Forschungsaktivitäten der auftraggebenden Einrichtung mit einer breiten Palette von Angeboten. So führen die Mitarbeiter des GFE etwa 250 Untersuchungen im Jahr für andere Institute der RWTH und Auftraggeber aus der Industrie durch.
- Gemeinsam mit anderen Hochschuleinrichtungen der RWTH oder externen beantragte Forschungsvorhaben. Am GFE laufen derzeit Untersuchungen im Rahmen von vier Sonderforschungsbereichen, mehreren von der DFG im Normalverfahren geförderten Projekten sowie mehreren vom BMBF, vom BMWi und von der Helmholtz-Gesellschaft geförderten Projekten.



- Eigene Forschungsarbeiten im methodischen Bereich, vornehmlich zur Weiterentwicklung von elektronenmikroskopischen und mikroanalytischen Untersuchungsverfahren, und ihre Anwendung auf Modellsubstanzen.

Die Mitarbeiter am GFE beschäftigen sich dabei mit einer breiten Palette von Materialien, die von Stählen und anderen Legierungen, über Keramiken und Materialien für die Nanoelektronik bis hin zu Untersuchungen von weicher Materie reichen.

■ <http://www.gfe.rwth-aachen.de/>

*Abbildung 2: Blick in das Großkammer-Rasterelektronenmikroskop am GFE.*

# » Ernst Ruska-Centrum (ER-C) für Mikroskopie und Spektroskopie mit Elektronen «

*Mit dem ER-C betreiben Forschungszentrum Jülich und RWTH Aachen unter dem Dach der Jülich Aachen Research Alliance (JARA) ein Kompetenzzentrum für atomar auflösende Elektronenmikroskopie und -spektroskopie auf international höchstem Niveau.*



**Abbildung 3:** PICO, das zweite Transmissionselektronenmikroskop weltweit mit einem Korrektor für die chromatische Aberration.

Unter der Leitung von Prof. Rafal Dunin-Borkowski und Prof. Joachim Mayer entwickelt das ER-C wissenschaftlich-technische Infrastruktur und Methoden für die Materialforschung von heute und morgen. Es ist zugleich ein nationales Nutzerzentrum für höchstauf lösende Elektronenmikroskopie und ermöglicht Wissenschaftlern aus Universitäten, Forschungseinrichtungen und Industrie den Zugang zu den leistungsfähigsten Elektronenmikroskopen unserer Zeit. Die Hälfte der verfügbaren Messzeit wird nach wissenschaftlichen Kriterien an externe Nutzer aus Universitäten, Forschungseinrichtungen und Industrie vergeben. Das entspricht einer Vereinbarung mit der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), einem wichtigen Förderer des ER-C. Sie benennt auch das Gremium, das die Anträge der externen Wissenschaftler begutachtet. Dieses Konzept des ER-C als erstes nationales Nutzerzentrum für höchstauf lösende Elektronenmikroskopie hat sich außerordentlich bewährt.

Mit der Installation von PICO in 2011 und der Fertigstellung eines neuen Gebäudes sind alle Weichen

dafür gestellt, dass das ER-C weiter seine internationale Spitzenstellung einnehmen kann – sogar noch deutlich besser ist. PICO ist eines von derzeit weltweit zwei Geräten, die neben der sphärischen Aberration noch einen weiteren unvermeidlichen Linsenfehler – die chromatische Aberration – korrigieren können. PICO gehört mit einem Auflösungsvermögen von rund 50 Pikometern zu den weltweit höchstauf lösenden Geräten. Durch die Korrektur der chromatischen Aberration verbessert sich neben der Auflösung auch die Genauigkeit, mit der sich Atomabstände und Atomverschiebungen messen lassen, von fünf Pikometern auf lediglich einen Pikometer.

Im Nutzerbetrieb bietet das ER-C neben elektro-nenoptischen Spitzengeräten auch Einrichtungen zur Probenpräparation und zur Voruntersuchung elektronen-mikroskopischer Präparate. Außerdem unterstützen die Wissenschaftler des ER-C die Nutzer aus Wissenschaft und Industrie mit ihrem methodischen Know-how etwa bei der Analyse von Messdaten.

# » Perfekte Analyse von Kohlenstoff in Stahl mit mobilem Metallanalysator «



Hybrid-Doppelspektrometeroptik von Belec im mobilen Spektrometer Belec Compact Port HLC

Werkstoffen 304 / 304L bzw. 316 / 316L. Bei den L-Stählen (L steht für Low Carbon) darf der C-Gehalt nicht über 0,03% liegen, bei dem „normalen“ bis 0,07%.

Auch bei niedrig legiertem Stahl gibt es Werkstoffe, die sich nur marginal im Kohlenstoff unterscheiden, was aber jeweils für die Materialeigenschaft essentiell ist. Ein 16MnCr<sub>5</sub> unterschiedet sich beispielsweise im C-Gehalt nur um hundertstel von einem 20MnCr<sub>5</sub>.

## Flexibilität kombiniert mit höchster Präzision

**H**ochwertige digitale Sensoren (CCD) decken den gesamten Spektralbereich ab und machen somit eine konsequente Linienauswahl ohne Kompromisse möglich. Analoge Detektoren (Photomultiplier) liefern für bestimmte Elemente, wie Kohlenstoff, eine einzigartige Performance in Bezug auf Nachweisgrenzen und Genauigkeit.

Mit der in der Sonde integrierten UV Optik lassen sich zudem noch P, S, B und sogar N in Duplexstählen zuverlässig messen.

Optische Emissionspektrometer aus dem Hause Belec stehen also seit langem für höchste Präzision in der Metallanalyse.

## Vom Pionier der mobilen Spektrometrie

**S**ein der Gründung 1986 steht die Belec Spektrometrie Opto-Elektronik GmbH aus Georgsmarienhütte für höchste Präzision, insbesondere bei mobilen Spektrometern. Als vor über 30 Jahren die weltweit erste Argon-gespülte Prüfsonde von Belec vorgestellt wurde, war es somit auch zum ersten Mal möglich, das wichtige Element Kohlenstoff im Stahl zu bestimmen.

Jeder, der in der Qualitätssicherung tätig ist, weiß, wie wichtig die richtige Konzentration von Kohlenstoff in Stahl ist, da bereits Abweichungen von wenigen ppm eine gravierende Veränderung in der Materialbeschaffenheit bedeutet.

Heute ist die zuverlässige Kontrolle des Kohlenstoffgehaltes wichtiger denn je. Da immer mehr Stahl von günstigen Lieferanten aus Ost Europa oder China eingekauft wird, wo die Qualitätssicherung noch nicht so gut aufgestellt ist wie hierzulande, ist eine Kontrolle der gelieferten Materialien unumgänglich.

Deswegen haben die Entwicklungingenieure von Belec die einzigartige Hybrid-Doppelspektrometeroptik für das neue Belec Compact Port HLC entwickelt:

## Sichere Trennung für Kohlenstoff nötig

**N**ur mit dieser Technik ist es sicher möglich, sogenannte L-Stähle von H-Stählen zu unterscheiden, wie z.B. in den Edelstahl

Seit 30 Jahren werden am Standort Georgsmarienhütte Spektrometer nach kunden-spezifischen Anforderungen entwickelt und produziert. Hohe analytische Ansprüche können dank der langjährigen Erfahrung erfolgreich gelöst werden. Belec ist auch immer der richtige Ansprechpartner, wenn es um mobile, Tisch- oder Laborspektrometer geht.

Auf der Control 2016, der 30. Internationalen Fachmesse für Qualitätssicherung, die vom 26. bis 29.4.2016 stattfand, hat unser Unternehmen das neueste Produkt Belec OPTRON, das weltweit kleinste Tisch-Spektrometer, vorgestellt.

Für weitere Informationen wenden Sie sich vertrauensvoll an uns!



- Nutzen Sie unser Know-how, um Ihre Fertigungsqualität noch sicherer zu machen!
- Vereinbaren Sie eine individuelle Beratung und Präsentation
- Ob mobile oder stationäre Lösung – auf jeden Fall immer kundenspezifisch

Belec Spektrometrie Opto-Elektronik GmbH  
Hamburger Str. 12      Fon +49 5401 8709-0      info@belec.de  
49124 Georgsmarienhütte      Fax +49 5401 8709-28      www.belec.de



## » Lehrstuhl Physik neuer Materialien (RWTH Aachen) «

*Der Lehrstuhl Physik neuer Materialien wurde im Oktober 1997 umgewidmet. Seitdem führt Prof. Dr. Matthias Wuttig die Amtsgeschäfte. Ziel der Arbeiten des Lehrstuhls ist die Entwicklung, Optimierung und das Verständnis neuartiger Materialien mit besonderen optischen und elektrischen Eigenschaften. Dabei geht es uns vor allem um ein dezidiertes Verständnis des Zusammenhangs zwischen Stöchiometrie, chemischer Bindung und Struktur sowie den daraus resultierenden Materialeigenschaften.*



*Prof. Dr. Matthias Wuttig, Inhaber des Lehrstuhls Physik neuer Materialien an der RWTH Aachen.*

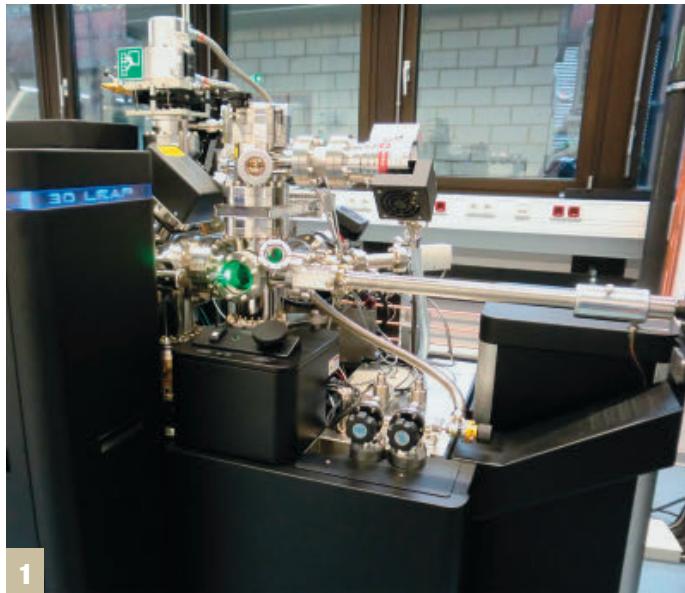
**D**ieses Ziel verfolgen wir für drei unterschiedliche Materialklassen: Phasenwechselmaterialien, die als optische und elektronische Datenspeicher interessant sind, optische Funktionsschichten, und organische Materialien für die Optoelektronik. Diese Aktivitäten haben beispielsweise geholfen, ein systematisches Verständnis von Phasenwechselmaterialien zu etablieren (s. z.B. D. Lencer et al., *Design Rules for Phase-Change Materials in Data Storage Applications*, *Advanced Materials* **23**, 2030 (2011) und *A map for phase change materials*, *Nature Materials* **7**, 972 (2008)). So konnten wir zeigen, dass sich die Eigenschaften der von uns untersuchten Materialien gezielt über die Stöchiometrie einstellen lassen. Diese Arbeiten werden auch im Rahmen des SFB 917 Resistive Nanoschalter gefördert (Sprecher Matthias Wuttig). Zudem ist aber auch klar geworden, dass die atomare Ordnung in den für uns relevanten Materialklassen eine immens wichtige Rolle spielt (T. Siegrist et al., *Disorder-induced localization in crystalline phase-change materials*, *Nature Materials* **10**, 202 (2011) und W. Zhang et al., *Role of vacancies in metal-insulator transitions of crystalline phase change materials*, *Nature Materials* **11**, 952 (2012)). Für das Verständnis der Materialeigenschaften ist die genaue Kenntnis der atomaren Verteilung in den von uns untersuchten Systemen daher unerlässlich. Wir erhoffen uns von der genauen Bestimmung der atomaren Verteilung neue Erkenntnisse, wie man Ordnungsphänomene zum Einstellen von Trans-

porteigenschaften nutzen kann. Diese Arbeiten werden unter anderem durch einen Advanced Grant (Disorder Control) des European Research Council (ERC) gefördert.

An der RWTH Aachen ist der Lehrstuhl Physik neuer Materialien in ein attraktives Umfeld eingebettet. Er ist Teil der Fachgruppe Physik in der Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften. Zudem ist die Fachgruppe neben der Ausbildung von Physiker auch in die Ausbildung von Materialwissenschaftlern involviert. Zudem gibt es gemeinsame Forschungsaktivitäten mit und am Forschungszentrum Jülich, wo eine eigene Arbeitsgruppe des Lehrstuhls forscht.

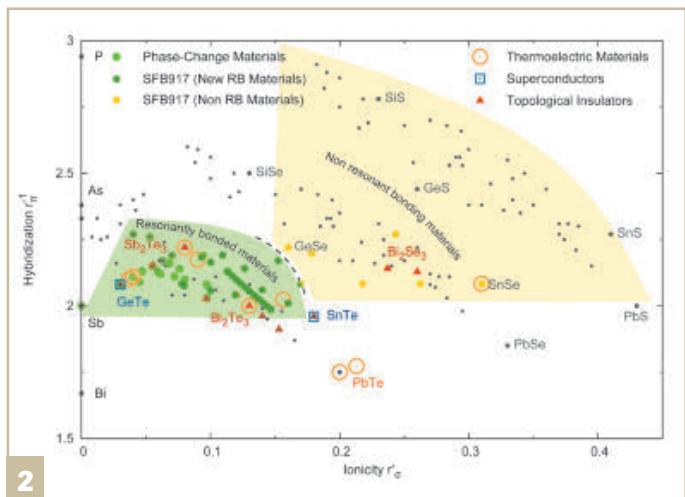
Der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde (DGM) ist der Lehrstuhl Physik Neuer Materialien seit seiner Gründung eng verbunden. Die DGM ist unsere wissenschaftliche/technische Heimat. Die Aktivitäten des DGM-Regionalforums Rhein-Ruhr tragen wir gerne mit, dabei profitieren wir auch von den guten Kontakten zu den anderen Werkstoffstandorten unseres Regionalforums. Wir freuen uns über eine Kontaktaufnahme und sind gerne zu einem Gespräch über eine Zusammenarbeit bereit.

■ Informationen zum Lehrstuhl Physik neuer Materialien finden sie unter: <http://www.physik.rwth-aachen.de/institute/institut-ia/mitarbeiter/prof-dr-m-wuttig>



1

*Abbildung 1: Atomsonde zur Bestimmung der dreidimensionalen Atomverteilung mit atomarer Auflösung.*



2

*Abbildung 2: Schatzkarte zur Identifikation von Phasenwechselmaterialien.*



3

*Abbildung 3: Mitglieder des Lehrstuhls Physik neuer Materialien.*

## » Lehrstuhl für Werkstoffchemie (Materials Chemistry – MCh) der RWTH Aachen «

*Der Lehrstuhl für Werkstoffchemie (Materials Chemistry – MCh) der RWTH Aachen geht aus dem Lehrstuhl für Theoretische Hüttenkunde und Metallurgie der Kernbrennstoffe hervor, der von 1960 bis 1986 von Prof. Dr. Dr. e. h. Ottmar Knacke und von 1986 bis 2002 von Prof. Dr. Dieter Neuschütz geleitet wurde. Mit der Berufung von Prof. Jochen M. Schneider, Ph. D., zum Lehrstuhlinhaber im Jahr 2002 wurde der Lehrstuhl in Materials Chemistry – MCh bzw. Lehrstuhl für Werkstoffchemie umbenannt.*

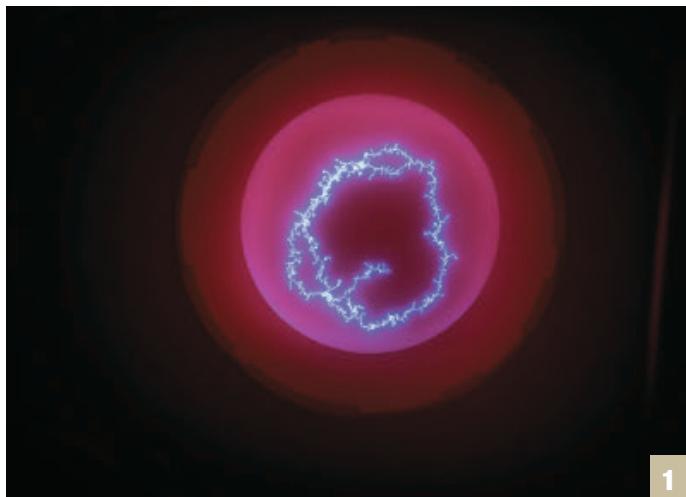


Prof. Jochen M. Schneider, Ph. D.,  
Inhaber des Lehrstuhls für Werkstoffchemie (Materials Chemistry, MCh)  
der RWTH Aachen.

Die Forschungsphilosophie bei MCh besteht in **Quantenmechanisch geführtem Werkstoffdesign**. Forschungsziel ist es, Beiträge zum fundamentalen Verständnis, welches für die Synthese und Anwendung multifunktionaler Werkstoffe mit maßgeschneiderten chemischen und mechanischen Eigenschaften benötigt wird, zu leisten. Der Schwerpunkt der Forschungsarbeiten liegt dabei auf dem Verständnis der Korrelationen zwischen den Synthesebedingungen und der strukturellen und chemischen Schichtevolution zur gezielten Einstellung der Elastizität, der thermischen und chemischen Stabilität sowie Transporteigenschaften.

**Abbildung 1:** Funkenbewegung auf einem Ti-Target in N<sub>2</sub>-Atmosphäre (p = 3.5 Pa) während reaktiver kathodischer Lichtbogenverdampfung.  
Foto: Martin Braun.

Die Forschungsstrategie fußt auf einer Kombination von theoretischen und experimentellen Methoden. Auf der Basis zahlreicher Berechnungen werden vielversprechende Werkstoffe ausgewählt und dann synthetisiert. Die kombinatorische Dünnschichtsynthese erlaubt durch die Abscheidung von mehreren Plasmaquellen (Abbildung 1) die Synthese von dünnen Schichten mit mehrdirekionalen Konzentrationsgradienten (Abbildung 2). Ausgehend von



1

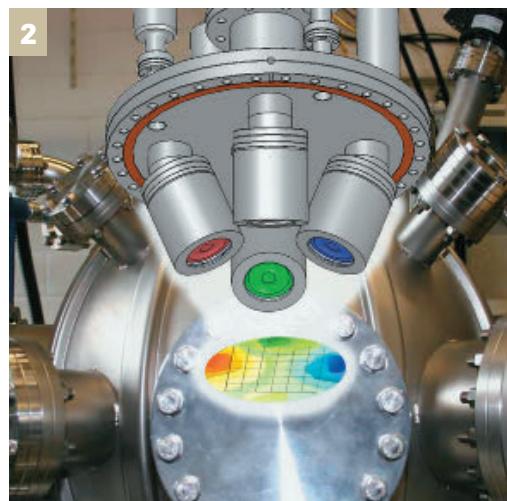
Vorhersagen auf quantenmechanischer Grundlage werden also vielversprechende Werkstoffe für die Synthese und Charakterisierung ausgesucht und diese dann gegebenenfalls zusammen mit Anwendern hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften und der Phasenstabilität evaluiert. Wichtig ist hierbei ein iteratives Vorgehen: Ergeben sich Unterschiede zwischen quantenmechanischer Vorhersage und den gemessenen Eigenschaften, so werden Verfeinerungen der quantenmechanischen Beschreibung vorgenommen, bis Theorie und Experiment nicht nur punktuell, sondern über Zusammen-

setzungsgradienten hinweg konsistente Ergebnisse liefern. Dies macht unsere Forschungsphilosophie aus. So werden grundlegende materialwissenschaftliche Zusammenhänge auf physikalischer und chemischer Grundlage erarbeitet und somit gleichzeitig Beiträge zur wissenschaftlichen Grundlage generiert, die das gezielte, zukünftige Werkstoffdesign im Hinblick auf elastische Eigenschaften, Phasenstabilität und Transporteigenschaften ermöglichen.

Diese Methode erlaubt die gleichzeitige Synthese einer Materialbibliothek auf einem Substrat, wobei die Farbgradienten in Abbildung 2 die Zusammensetzungsgradienten verdeutlichen sollen. Die anschließende ortsaufgelöste Analyse von Zusammensetzung, Struktur, elastischen Eigenschaften und Phasenstabilität stellt zusammen mit den theoretischen Daten die Basis für das quantenmechanisch geführte Werkstoffdesign dar.

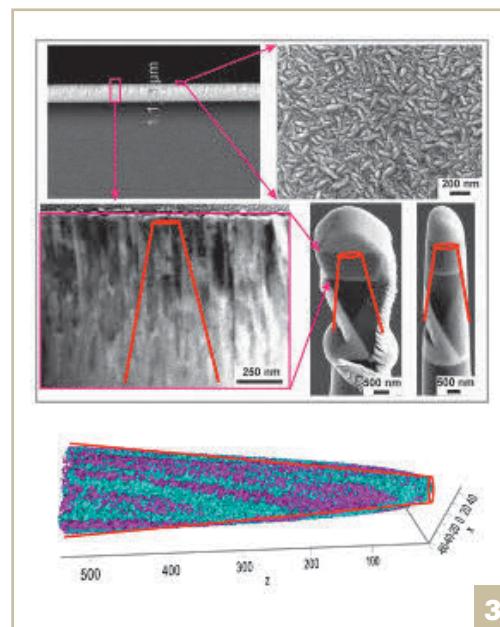
- Röntgenphotoelektronenspektroskopie (XPS),
- Augerelektronenspektroskopie (AES),
- Nanoindenter,
- Seebecksonde,
- Differentialrasterkalorimetrie (DSC).

Die Atomsonde mit angeschlossener Focused Ion Beam (FIB)-Station zur Probenpräparation wurde gemeinsam von Materials Chemistry, dem Institut für Metallkunde und Metallphysik, dem Institut für Eisenhüttenkunde und dem Gemeinschaftslabor für Elektronenmikroskopie beschafft und erlaubt erstmals die Bestimmung und Visualisierung der lokalen chemischen Zusammensetzung auf atomarer Basis in drei Dimensionen (Abbildung 3). Diese Analysemethode komplettiert die analytische Ausstattung von Materials Chemistry und ist integraler Bestandteil der oben beschriebenen Forschungsstrategie. Die gemeinsame Nutzung dieses Gerätes mit anderen Lehrstühlen in Aachen, die Strukturwerk-



Die ortsaufgelöste Charakterisierung der synthetisierten Werkstoffe hinsichtlich chemischer Zusammensetzung, Kristallstruktur, Phasenstabilität, elastischer und thermoelektrischer Eigenschaften erfolgt bei MCh mit folgenden Verfahren:

- Atomspektrometrie,
- Focused Ion Beam (FIB)-Station,
- Feldemissions-Rasterelektronenmikroskopie (FE-SEM),
- Energiedispersiver Röntgenspektroskopie (EDX),
- Röntgenbeugungsanalyse (XRD),
- Rasterkraftmikroskopie (AFM),



stoffforschung betreiben, stellt den Keim einer gemeinsam genutzten Analyseninfrastruktur in der Fachgruppe Materialwissenschaft und Werkstofftechnik dar.

Die oben beschriebene Forschungsphilosophie kommt unter anderem in den folgenden Verbundprojekten zum Einsatz:

**Abbildung 2:** Schematische Darstellung der kombinatorischen Dünnschichtsynthese mittels (High Power Pulsed) Magnetron Sputtering (HPPMS). Die Farben symbolisieren unterschiedliche chemische Elemente, die auf dem Substrat mehrdirektionale Zusammensetzungsgradienten erzeugen.

**Abbildung 3:** Schematische Darstellung der Atomsonden-Spitzenpräparation mittels STEM und FIB aus Dünnschichten, graphische Darstellung der dreidimensionalen chemischen Zusammensetzung einer Atomsondenspitze.



### ■ Schwerpunktprogramm 1594

#### *Topological Engineering of Ultra-strong Glasses*

Ziel des SPP ist es, durch die Erarbeitung physikalisch-chemischer Simulationswerkzeuge das gezielte Werkstoffdesign nahgeordneter anorganischer und metallischer Materialien hinsichtlich Steifigkeit, Festigkeit und Bruchzähigkeit zu ermöglichen und, basierend auf dem ab initio-Verständnis der Wechselwirkung zwischen Spannungsfeldern und topologischen Aspekten, bruchzähe Gläser mit Festigkeiten im GPa-Bereich zu entwickeln.



### ■ Sonderforschungsbereich 761

#### *Stahl – ab initio: Quantenmechanisch geführtes Design neuer Eisenbasis-Werkstoffe*

Hier wird das Werkstoff-Design einer neuen Klasse von Strukturwerkstoffen mit außergewöhnlichen Eigenschaftskombinationen durch die Entwicklung einer methodischen Vorgehensweise zur Werkstoff- und Prozessentwicklung basierend auf ab initio-Ansätzen verwirklicht.



### ■ Schwerpunktprogramm 1676

#### *Trockenumformen – Nachhaltige Produktion durch Trockenbearbeitung in der Umformtechnik*

Der zentrale Beitrag dieses Schwerpunktprogramms besteht in der Realisierung neuer schmierstofffreier Umformverfahren durch eine zielgerichtete Oberflächenbehandlung der Werkzeuge, z.B. durch quantenmechanisch geführtes Schichtdesign zur Reduzierung der chemischen Interaktion zwischen Werkzeug und Werkstück.



### ■ Schwerpunktprogramm 1473

#### *Materials with New Design for Improved Lithium Ion Batteries*

In diesem Forschungsprogramm werden die Zusammenhänge zwischen Thermodynamik, Kinetik, Kristallchemie und Mikro-/Nanostruktur von Werkstoffen für Lithium-Ionen-Batterien wissenschaftlich untersucht. Ziel ist die Erarbeitung eines tiefgreifenden Verständnisses des Zellsystems aus aktiven Massen, Elektrolyten, Stromkollektoren und -separatoren als Grundlage der Entwicklung von Lithium-Ionen-Batterien der nächsten Generation.



### ■ Sonderforschungsbereich Transregio 87

#### *Gepulste Hochleistungsplasmen zur Synthese nanostrukturierter Funktionsschichten*

Ziel des SFB-TR 87 ist die Entwicklung einer Methodik zur eigenschaftsorientierten und diagnosebasierten Kontrolle von Nichtgleichgewichts-Plasmaprozessen. Professor Schneider ist seit 2014 Standortsprecher des SFB-TR 87.

Die Forschungsprojekte werden bei Materials Chemistry von einem internationalen Team aus derzeit 8 Nationen bearbeitet, das rund 20 Wissenschaftler umfasst. Hierbei wird ein Verhältnis von Postdocs zu Doktoranden von etwa 1:1 angestrebt. Seit der Umwidmung des Lehrstuhls in Materials Chemistry 2002 wurden 23 Doktoranden promoviert, circa 20 Wissenschaftler haben als Postdoc bei MCh Forschungsaufenthalte absolviert.



### ■ Schwerpunktprogramm 1568

#### *Design and Generic Principles of Self-healing Materials*

Zielsetzung des SPP ist die interdisziplinäre Erarbeitung fundamentaler, materialunabhängiger Designprinzipien und -strategien zur Entwicklung adaptiver Hochleistungswerkstoffe für technologische und medizinische Anwendungen.

In der Lehre bilden die Veranstaltungen Materials Chemistry I und II die Schwerpunkte, darüber hinaus werden Vorlesungen – inklusive der zugehörigen Übungen und Laborpraktika – zu Grundzügen der Oberflächentechnik, Oberflächenfunktionalisierung und Quantum Mechanics for Engineers in den Studiengängen Werkstoffingenieurwesen, B. Sc.; Wirtschaftsingenieurwesen (Fachrichtung Werkstoff- und Prozesstechnik), B. Sc.; Materialwissenschaften, B. Sc.; Computational Engineering Science B. Sc. und M. Sc.; Metallurgical Engineering M. Sc. und Technik-Kommunikation, B. Sc. angeboten.

■ Weitere Informationen zu Materials Chemistry finden Sie auf unserer Webseite [www.mch.rwth-aachen.de](http://mch.rwth-aachen.de).



TECHNISCHE UNIVERSITÄT DORTMUND

**Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. A. Erman Tekkaya**

■ Institut für Umformtechnik und Leichtbau

**Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.Ing. Wolfgang Tillmann**

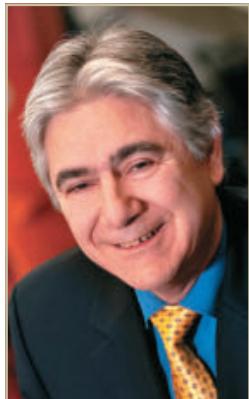
■ Lehrstuhl für Werkstofftechnologie, Maschinenbau II

**Prof. Dr.-Ing. habil. Frank Walther**

■ Institut für Konstruktion und Werkstoffprüfung (IKW),  
Fachgebiet Werkstoffprüftechnik (WPT)

## » Institut für Umformtechnik und Leichtbau (TU Dortmund) «

*Das Institut für Umformtechnik und Leichtbau blickt auf eine lange Tradition zurück. Ursprünglich als Lehrstuhl für Umformende Fertigungsverfahren (LUF) 1971 gegründet und ab 1972 vom Lehrstuhlinhaber Prof. Dr.-Ing. E. v. Finckenstein geführt, entwickelte es sich stetig weiter.*

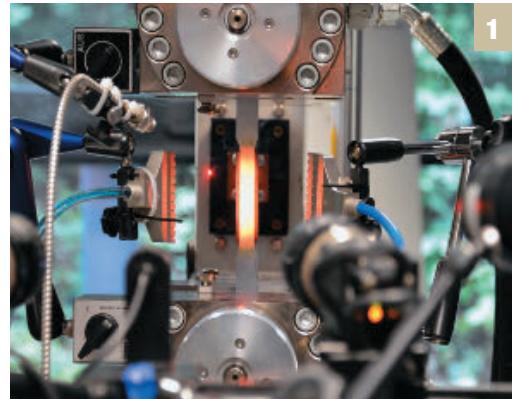


Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h.  
A. Erman Tekkaya, Leiter des Instituts  
für Umformtechnik und Leichtbau  
an der TU Dortmund.

Nach der Berufung von Prof. Dr.-Ing. M. Kleiner im Jahr 1998 mussten deshalb auch die Hallen- und Laborflächen sowie Büroräume ausgebaut werden. Nach der Ausweitung der Forschungstätigkeiten auf den Bereich Leichtbau erfolgte 2004 die Umbenennung zum Institut für Umformtechnik und Leichtbau. Im Jahr 2007 übernahm Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. A. E. Tekkaya das Institut als Stellvertreter von Prof. Dr.-Ing. Kleiner, der zu dieser Zeit das Amt des Präsidenten der Deutschen Forschungsgemeinschaft antrat. 2009 erfolgte dann die Berufung von Prof. Tekkaya auf eine zweite Universitätsprofessur am Institut für Umformtechnik und Leichtbau, welches er seit dieser Zeit leitet. Das Institut ist in den Jahren auf eine Größe von 42 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie 11 nichtwissenschaftlichen Angestellten angewachsen, die gemeinsam am Erfolg des Instituts mitwirken. Zudem wird das Institut durch zahlreiche studentische Hilfskräfte unterstützt. Seit 2014 ist das IUL im neuen Maschinenbaugebäude MB III beheimatet.

Das Institut unterteilt sich nach seinen Forschungsaktivitäten in fünf Abteilungen, die nachfolgend aufgeführt sind:

- Abteilung Blechumformung,
- Abteilung Massivumformung,
- Abteilung Biegeumformung,
- Abteilung Sonderverfahren und
- Abteilung für Angewandte Mechanik in der Umformtechnik.

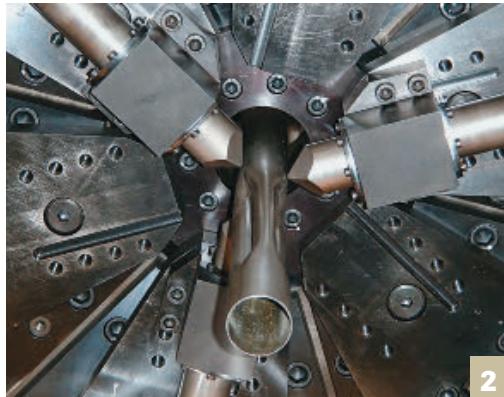


In der Abteilung Blechumformung werden neue Blechumformprozesse und Werkzeugtechnologien erforscht, um beispielsweise höherfeste Werkstoffe umformen zu können. Wichtig hierfür sind die Prozessanalyse und die Materialcharakterisierung wofür am Institut geeignet Methoden zur Verfügung stehen. Die Abteilung Massivumformung legt ihren Fokus auf die Entwicklung und Untersuchung neuer Verfahren, speziell zur Umformung von Leichtbauwerkstoffen bei Produkten mit graduierten Eigenschaften. Beim Spänestrangpressen steht das Recyclingpotenzial von Abfällen der Zerspanindustrie im Mittelpunkt, wodurch eine hohe Primärenergieeinsparung realisiert werden kann. Die Abteilung Biegeumformung bildet die Schnittstelle zwischen der Blech- und der Massivumformung. Hier werden

nicht nur grundlagenorientierte Fragestellungen und anwendungsbezogene Forschungsaufgaben zur Umformung von Blechen gelöst, sondern auch Biegeoperationen an Rohren und Profilen durchgeführt und analysiert. Die Verfahrens- und Maschinenentwicklung unter der Ausnutzung physikalischer Gesetzmäßigkeiten waren in den letzten Jahren die Kernthemen dieser Abteilung. Die *Abteilung Sonderverfahren* sorgt mit ihren Forschungsarbeiten für die Etablierung alternativer Fertigungstechnologien überall dort, wo konventionelle Umformverfahren oftmals durch die gegebenen Randbedingungen an ihre Grenzen stoßen. Im Mittelpunkt stehen die flexible und energieeffiziente Produktfertigung und die Erweiterung der Formänderungsgrenzen. Die *Abteilung Angewandte Mechanik in der Umformtechnik* beschäftigt sich vornehmlich mit der Simulation und Analyse von Umformvorgängen mithilfe von analytischen und numerischen Modellen. Die Werkstoffcharakterisierung und die Betrachtung des Schädigungsverhaltens in Blech- und Massivumformprozessen gehören ebenso zu den Schwerpunktthemen. Alle Fragestellungen können aufgrund

diese für die Lehre nutzbar zu machen. Um die Internationalität weiter auszubauen, wurde 2011 der MMT-Studiengang (Master of Science in Manufacturing Technology) unter der Koordination von Prof. Tekkaya an der TU Dortmund etabliert. Die Anzahl der Bewerbungen für diesen Studiengang steigt jährlich, sodass mittlerweile 700 Bewerberinnen und Bewerber auf rund 30 Studienplätze kommen. Die Zulassung erfolgt nur für die besten Studierenden eines Jahrgangs, die an Universitäten studieren, die zu den oberen 10 % der besten Universitäten weltweit zählen. Die Fähigkeiten dieser Studierenden liegen weit über dem Durchschnitt, sodass auch seitens der Industrie immer mehr Anfragen zu studentischen Arbeiten und Jobangeboten an das Institut gerichtet werden und ein sehr gutes Feedback gegeben wird.

Das Institut für Umformtechnik und Leichtbau ist in Dortmund zu Hause und in die TU Dortmund sehr gut eingebunden, da ein wesentlicher Profilbereich der Universität die Produktionstechnik und Logistik verfolgt, was stark mit der Arbeit am Institut kon-



2



3

**Abbildung 1:** Werkstoffcharakterisierung: Warmzugversuch.

**Abbildung 2:** Umformen von Rohren und Profilen: Inkrementelles Profilumformen.

**Abbildung 3:** Werkzeugherstellung: Additiv gefertigtes Strangpresswerkzeug mit Innenkühlung.

einer starken Interaktion der Abteilungen und bei Notwendigkeit durch abteilungsübergreifendes Arbeiten effektiv und schnell gelöst werden. Die vergangenen Jahre waren zudem geprägt durch zahlreiche Projekte in Sonderforschungsbereichen der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Die Lehre des Instituts für Umformtechnik und Leichtbau zeichnet sich durch den Einsatz digitaler Medien aus. Im ELLI-Projekt werden hierzu Möglichkeiten erarbeitet, telemetrische Versuche in einer Materialprüfzelle online durchzuführen. So wird ein Einsatz für die Lehre nicht nur für Dortmunder Studierende eigenständig durchführbar. Weltweit besteht zukünftig die Möglichkeit, auf die Peripherie des Instituts online zuzugreifen und

vergert. Das IUL hält regen Kontakt mit nationalen und internationalen Partnern auf universitärer und industrieller Ebene. Hierdurch werden wichtige Impulse zur Forschungsausrichtung generiert und gemeinsame Kooperationen initiiert.

Auch der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde (DGM) ist es gelungen, durch ihre Regionalforen hervorragende Möglichkeiten zum Austausch von Ideen und Kompetenzen zu schaffen, aktuelle Trends aufzuzeigen und so die Werkstoffforschung weiter voranzutreiben, weshalb sich das Institut für Umformtechnik und Leichtbau gerne am DGM Regionalforum Rhein-Ruhr beteiligt. Wir sind offen für weitere Kooperationen und freuen uns auf Gespräche über mögliche Zusammenarbeiten.

■ Weitere Informationen und Ansprechpartner zu den genannten Themenschwerpunkten entnehmen Sie bitte den Internetseiten unseres Instituts unter nachfolgendem Link: [www.iul.eu](http://www.iul.eu).

## » RETSCH setzt Maßstäbe – seit über 100 Jahren «

*Eine zuverlässige und genaue chemische oder physikalische Analyse kann nur durch eine reproduzierbare Probenvorbereitung gewährleistet werden. Die „Kunst des Zerkleinerns“ besteht also darin, eine Laborprobe derart aufzubereiten, dass daraus eine repräsentative Einzelprobe von zum Teil nur wenigen Gramm oder Milligramm entsteht, die eine homogene Analysenfeinheit aufweist. RETSCH bietet für diese Aufgabenstellung ein umfangreiches Programm modernster Mühlen und Brecher für die materialgerechte Grob-, Fein- und Feinstzerkleinerung an.*

Durch die große Auswahl an Mahlwerkzeugen und Zubehör ermöglichen unsere Geräte nicht nur eine *kontaminationsneutrale Aufbereitung* vieler Materialien, sondern auch die Anpassung an individuelle Anforderungen aus so unterschiedlichen Bereichen wie Baustoffe, Metallurgie, Keramiken, Mineralien etc.

Für die *Vorzerkleinerung* harter, spröder Probenmaterialien bietet RETSCH vier *Backenbrecher*-Modelle an. Für die Feinzerkleinerung solcher Materialien kommt z. B. die *Scheiben-Schwingmühle RS 200* zum Einsatz. Die RS 200 ist die Standardmühle für Spektralanalytik und ermöglicht Feinstvermahlungen bei 700–1500 min<sup>-1</sup> in Sekundenschnelle.

RETSCH verfügt mit 11 verschiedenen Modellen über die *weltweit breiteste Palette an Kugelmühlen*. Die *Hochleistungskugelmühle Emax* und die *Planetenkugelmühlen der PM-Serie* werden für Trocken- und Nassvermahlungen bis in den Nanometerbereich eingesetzt. Sowohl gekühlte Mahlvorgänge mit extrem hohem Energieeintrag als auch schonende Probenvorbereitung temperaturempfindlicher Materialien sind mit diesen Mühlen möglich. Sie eignen sich zudem hervorragend zum *mechanischen Legieren*, je nach Konfiguration können bis zu acht Proben gleichzeitig vermahlen/legiert werden. Das Portfolio von RETSCH umfasst außerdem *Schwingmühlen*, welche optimal für schnelles Vermahlen, Mischen, Homogenisieren kleiner Probenmengen geeignet sind. Die CryoMill erlaubt die effiziente Zerkleinerung unter



*RETSCH bietet eine große Palette an Labormühlen und -brechern für die Aufbereitung unterschiedlichster Materialien, z. B. Scheiben-Schwingmühle (links), Backenbrecher (rechts) und Hochleistungs-Kugelmühle (vorne).*

kontinuierlicher Versprödung bei –196°C und ist daher ideal für die Homogenisierung elastischer und wärmeempfindlicher Proben.

### KONTAKT

#### Retsch GmbH

Retsch-Allee 1–5

D-42781 Haan

Tel.: +49 2104 23 33-100

Fax: +49 2104 23 33-199

[info@retsch.de](mailto:info@retsch.de)

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

## Hochleistungs-Kugelmühle Emax



**Solutions in Milling & Sieving**

part of **VERDER**  
scientific



Die Revolution in der  
Feinzerkleinerung:  
Der E<sub>max</sub> erzielt  
feinere und schnellere  
Mahlergebnisse als  
jede andere  
Kugelmühle!

- **Maximale Drehzahl  
bis 2.000 min<sup>-1</sup>**
- **Neuartige Wasser-  
kühlung macht  
Abkühlphasen  
überflüssig**
- **Endfeinheiten bis  
in den Nanometer-  
bereich in kürzester  
Zeit**

[www.retsch.de/emax](http://www.retsch.de/emax)

## » Fachgebiet Werkstoffprüftechnik (WPT), TU Dortmund «

*Das Fachgebiet Werkstoffprüftechnik (WPT) im Institut für Konstruktion und Werkstoffprüfung (IKW) der Fakultät Maschinenbau der Technischen Universität Dortmund wird seit seiner Gründung im Dezember 2010 von Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. Frank Walther geleitet.*



*Prof. Dr.-Ing. Frank Walther,  
Leiter des Fachgebiets Werkstoff-  
prüftechnik der Technischen  
Universität Dortmund.*

*Abbildung 1: Charakterisierung  
des Ermüdungsverhaltens unter  
verschiedenen Umgebungs-  
bedingungen, z.B. Hochtemperatur  
und Korrosion.*

**M**it modernen Mess- und Prüfverfahren sowie optimierten Analyse- und Auswertetechniken liefert die Werkstoffprüftechnik die Datenbasis für die Konstruktion und Fertigung sowie für die virtuelle Entwicklung betriebssicherer Hochleistungsprodukte für unterschiedlichste wirtschaftliche Branchen. Als Entscheidungshilfe bei der Werkstoffauswahl, Qualitätskontrolle, Bauteilüberwachung und Schadensanalyse umfasst die Werkstoffprüfung hierbei die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung, die Untersuchung der Gefügestruktur mit Licht-, Elektronen- und Röntgenstrahlen, die Ermittlung von Werkstoffeigenschaften und -kennwerten unter Einsatz zerstörender und zerstörungsfreier Prüfungen sowie die Entwicklung von Materialmodellierungs- und berechnungsansätzen. Neben der beanspruchungsgerechten Qualifizierung der Werkstoffe und der Optimierung industrieller Fertigungsprozesse gewinnen Maßnahmen des Structural Health Monitorings zur kontinuierlichen Überwachung der strukturellen Integrität hochbeanspruchter Bauteilsysteme genauso an Bedeutung wie Berechnungsansätze zur möglichst präzisen Bestimmung der Restlebensdauer.

In Forschung und Lehre werden grundlagen- und anwendungsorientierte Themen der zerstörenden und zerstörungsfreien Werkstoff- und Bauteilprüfung in Theorie und Praxis behandelt. Im Fokus steht dabei die Charakterisierung von Prozess-Struktur-Eigenschafts-Beziehungen, die Beurteilung des



Verformungsverhaltens und Schädigungsfortschritts sowie die Berechnung der Lebensdauer vorwiegend metall- und polymerbasierter Konstruktionswerkstoffe, Verbindungen und Bauteile. Die mikrostruktur- und mechanismenbasierte Charakterisierung des Ermüdungsverhaltens vom Low-Cycle-Fatigue-(LCF-) bis zum Very-High-Cycle-Fatigue- (VHCF-) Bereich bildet einen Themenschwerpunkt.

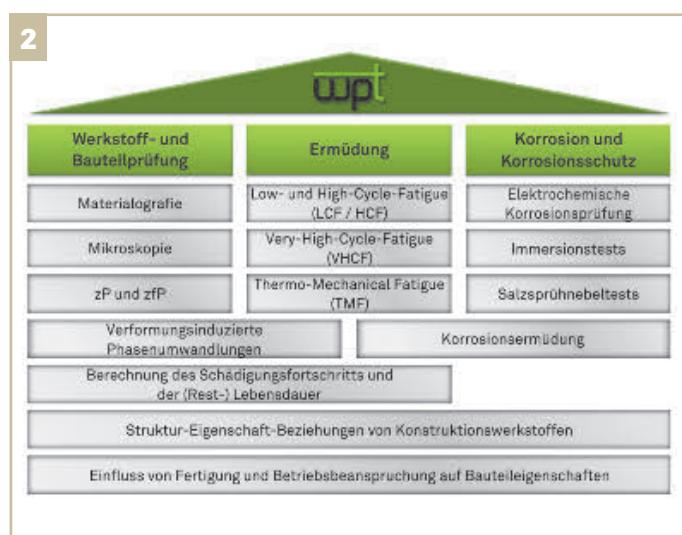
Als Kernbausteine der Untersuchungsstrategie dienen die Analyse der Werkstoffe und Mikrostrukturen sowie der Einsatz prozess- und produkt-optimierter Mess- und Prüfverfahren einer präzisen Charakterisierung der Werkstoffe, Verbindungen und Bauteile, sowie der Modellierung der Eigen-

schaften und Berechnung der Lebensdauer. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in der Mikrostruktur „als Fingerabdruck“ die Ursache der mechanisch-technologischen Eigenschaften liegt. Die exakte Beschreibung des Einflusses von Herstellungs-, Umgebungs- und Betriebsbedingungen auf die grundlegenden Materialkennwerte zielt auf die Optimierung des Eigenschaftsprofils und die Erhöhung der Funktionssicherheit der Bauteile ab.

Es ist offensichtlich, wie vielfältig und weitreichend das Fachgebiet Werkstoffprüftechnik ist, in dem an der TU Dortmund unterschiedlichste Themen von der wissenschaftlichen Grundlagenforschung bis zur anwendungsbezogenen (bilateralen) Entwicklungs- und Untersuchungsdienstleistung für Industrieunternehmen bearbeitet werden.

aktive Vermittlung der Vorlesungsinhalte wird fortwährend mit exzellenten Evaluierungsergebnissen bedacht und hat in den letzten Semestern zweifach zur Verleihung des Lehrpreises der Fakultät Maschinenbau geführt.

Der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde (DGM) ist Herr Prof. Walther seit seiner Studienzeit eng verbunden. Aktuell leitet er den DGM-Ausbildungsausschuss und arbeitet aktiv im DGM-Vorstand mit. Im Rahmen der Aktivitäten des DGM-Regionalforums Rhein-Ruhr profitieren alle Mitglieder vom informativen kollegialen Austausch mit anderen Werkstoffstandorten und darüber hinaus ist die enge Kopplung mit der jung-DGM Rhein-Ruhr sehr befriedend im Sinne eines generationsübergreifenden Austauschs.



- Wir, die Mitarbeiter/-innen des Fachgebiets Werkstoffprüfung der Technischen Universität Dortmund, freuen uns auf Ihre Kontaktaufnahme und stehen bei wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Fragestellungen sehr gerne unter Telefon (0231) 755-8028 oder E-Mail [frank.walther@tu-dortmund.de](mailto:frank.walther@tu-dortmund.de) zur Verfügung.
- Weitere Informationen zum Fachgebiet Werkstoffprüfung (WPT) finden sie auf der Webseite unter [www.wpt-info.de](http://www.wpt-info.de).

**Abbildung 2:** Schlüsselqualifikationen und Kernarbeitsgebiete des Fachgebiets Werkstoffprüfung.



Das Fachgebiet Werkstoffprüftechnik ist national und international gut vernetzt und bearbeitet Projekte kooperativ in interdisziplinärer Zusammensetzung, um auch bei steigender Komplexität qualitative Exzellenz zu garantieren. In der Lehre werden wissenschaftliche Grundlagen mit aktuellen Anwendungsbeispielen kombiniert, um die Studierenden für die Werkstofftechnik zu begeistern und optimal auf die späteren Erfordernisse in der Berufspraxis vorzubereiten. Diese Herangehensweise fördert die Motivation, trägt zum besseren Verständnis bei und qualifiziert die Studierenden, indem wertvolle Werkstoffkenntnisse gesammelt werden, die für studentische Arbeiten sowie beim Übergang in den Beruf von großem Vorteil sind. Diese inter-

**Abbildung 3:** Mitarbeiter/-innen des Fachgebiets Werkstoffprüfung, Sommer 2015.

## » Lehrstuhl für Werkstofftechnologie der Technischen Universität Dortmund «

*Der Lehrstuhl für Werkstofftechnologie (LWT) der Technischen Universität Dortmund wurde von 1975 bis 1997 von Herrn Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Hans-Dieter Steffens und von 1997 bis 2001 von Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Friedrich-Wilhelm Bach geleitet. Seit Herbst 2002 ist Herr Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Wolfgang Tillmann Inhaber des Lehrstuhls.*



*Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing.  
Wolfgang Tillmann,  
Inhaber des Lehrstuhls für Werkstofftechnologie der Technischen Universität Dortmund.*

Der LWT entwickelt und erforscht innovative werkstofftechnologische Konzepte und Lösungen für die Produktionstechnik. Unter diesem Leitgedanken werden in den sieben Forschungsgruppen wissenschaftliche Fragestellungen sowohl zur Entwicklung neuer Materialien und deren Herstellungsverfahren, als auch zur Mikrostruktur- und Eigenschaftscharakterisierung behandelt. Um derartige anspruchsvolle Forschungs- und Entwicklungsaufgaben zu lösen, steht ein Team von 32 Wissenschaftler(n)/-innen unterschiedlicher Fachrichtungen, sechs technischen Angestellten, vier Verwaltungsangestellten, drei Auszubildenden und über 30 studentischen Hilfskräften zur Verfügung. Am LWT werden verschiedene grundlagen- und anwendungsorientierte Forschungsprojekte bearbeitet, die entweder durch die öffentliche Hand oder durch die Industrie gefördert werden. Wesentliche Forschungsprogramme stammen dabei aus den Bereichen Beschichtungsverfahren, thermisches Fügen, pulvermetallurgische Fertigung sowie der Entwicklung und Anwendung neuartiger Methoden zur Prozessanalyse und zur Werkstoffcharakterisierung. In diesen Forschungsfeldern arbeitet der LWT im Verbund mit Wissenschaftlern unterschiedlicher Fachrichtungen (Maschinenbau, Informatik, Mathematik, Statistik) und Anwendern aus der Industrie eng zusammen. Ebenfalls existieren weitreichende Kontakte zu internationalen Partnerinstituten vor allem in China, Taiwan, USA und Kolumbien. Derzeit wirkt der LWT mit diversen Projekten an zwei regionalen (SFB 708, SFB 823) und zwei überregionalen Sonderforschungsbereichen (SFB TR 73, SFB TRR 30) mit. Im SFB 708 besitzt

er zudem die Sprecherfunktion. Darüber hinaus bearbeitet der LWT Drittmittelprojekte u.a. gefördert durch die DFG, die AIF, das BMBF, das MIWF, MERCUR und die EU.

In den Forschungsprojekten zum *Thermischen Spritzen* werden Funktionsschichten mit dem primären Ziel des Verschleiß- und Korrosionsschutzes sowie der Wärmeisolation z.B. für komplexe Werkzeuge der Umformtechnik sowie für Bauteile/Maschinenkomponenten der Automobilindustrie und der Energietechnik entwickelt. Im Fokus aktueller Untersuchungen stehen sowohl die Erzeugung nanostrukturierter und graderter Schichtsysteme, die online Prozessanalyse und -steuerung, als auch die praxisnahe Anwendung bzw. die Analyse der Schichtsysteme in realen Einsatztests (wie z.B. in Tiefziehprozessen). In der Forschungsgruppe *PVD-Prozesse* werden multifunktionale, bionische Schichten zur Verschleiß- und Reibungsminderung von Werkzeugen im Bereich der Feinblechverarbeitung entwickelt. Als neues Verfahren steht dabei eine besonders leistungsfähige HiPIMS Magnetron-Sputteranlage zur Verfügung. Daneben forscht die Gruppe an der Herstellung und Abscheidung nanolagiger Multi-layer-Verschleißschutzschichten (u.a. aus Magnel-Phasen oder Supernitriden), energieeffizienter DLC-Schichten, TiAlN- bzw. CrAlN-Schichten mit graduierten Eigenschaften sowie temperatursensitiven Schichten aus Ni/NiCr. Der Forschungsbereich *Fügetechnische Fertigungsverfahren* umfasst sämtliche Gebiete des Hart- und Hochtemperaturlötens schwer benetzbarer oder artfremder Werkstoffe, der industriehaften Lötf

prozessentwicklung bis hin zur zerstörungsfreien wie auch mechanischen oder korrosiven Prüfung von Lötverbindungen. Hierbei werden Grundwerkstoffe aus Aluminium, Magnesium, Titan, Keramiken, Diamanten, Hartmetallen sowie niedrig- wie auch hochlegierten Stählen induktiv oder konduktiv (d.h. innerhalb eines Vakuumofens) verbunden. Die Forschungsgruppe *Pulvermetallurgische Fertigungsverfahren* beschäftigt sich mit der Herstellung von hochverschleißfesten Bauteilen aus metallischen, keramischen und metall-keramischen Pulvern mittels Sinter- und Nachverdichtungsverfahren (Pulverpressen und Sintern, Heißpressen, Kurzzeit-sintern, Vakumsintern, HIP). Im Fokus stehen dabei Diamant-Metallverbunde für die Naturstein- und Betonbearbeitung, die statistische Modellierung des Bearbeitungsprozesses bei inhomogenen mineralischen Materialien, die generative bzw. additive Fertigung (SLM) sowie die Nachbehandlung von gesinterten Bauteilen. Die Forschungsschwerpunkte in der *Zerstörungsfreien Prüfung* umfassen die Entwicklung und Bewertung neuer Prüfverfahren sowie deren praktische Anwendung. Die Verfahren werden neben der Fehlerdetektion auch eingesetzt, um den Schädigungsbeginn und Schädigungsfortschritt während einer Belastung zu bestimmen. Hieraus werden Condition-Monitoring-Systeme zur Überwachung von verschiedenartigen Prozessen und Vorgängen wie z.B. Härteprozessen entwickelt. Anhand des Schädigungszustandes lassen sich so Lebensdauerprognosen und Schadensanalysen durchführen. Im Bereich der *Röntgenographischen Analyseverfahren* werden grundlegende Untersuchungen zum Einfluss der Herstellungsparameter, der Phasenzusammensetzung, des Gefüges sowie des Eigenspannungszustands auf das Verformungs- und Schädigungsverhalten ausgewählter Werkstoffe durchgeführt. Die Untersuchungen werden mit Methoden der Röntgenbeugung (XRD), der Mikro-Computertomographie ( $\mu$ CT), der Rasterelektronenmikroskopie (REM), der Elektronenrückstreuung (EBSD) und der digi-

talen Bildkorrelation (DIC) durchgeführt. Die Arbeitsgruppe *Werkstoffentwicklung, -prüfung und -analytik* bietet neben der Beratung in der Auswahl und Implementierung neuer Werkstoffe und Werkstofftechnologien auch die Charakterisierung und Prüfung von Werkstoffen an. Dies betrifft die Bereiche: Metallografie, Elektronenmikroskopie, Elementanalytik, Partikelanalyse, zerstörende Werkstoffprüfung, tribomechanische Werkstoffprüfung, Korrosionsuntersuchung sowie thermische Analyse.

Der LWT bietet Partnern aus Industrie und Wissenschaft kompetente Unterstützung in werkstofftechnologischen Frage- oder Problemstellungen. Dies umfasst ein breites Spektrum an Forschungs- und Dienstleistungen, von der Werkstoffberatung über die Schadens- und Ursachenforschung bis hin zur Verfahrens- bzw. Technologieentwicklung. Die Arbeit am LWT zeichnet sich dabei nicht nur durch die Betrachtung des ganzheitlichen Zusammenspiels aus Werkstoffen, Prozesstechnologien und Mess- bzw. Analysestrategien aus, sondern ist nicht zuletzt auch durch eine gehörige Portion „Leidenschaft“ zur Werkstofftechnologie geprägt. Studierenden bietet der LWT über Vorlesungen, Praktika, Seminare sowie Projekt- und Abschlussarbeiten umfangreiche Möglichkeiten, sich optimal auf werkstofftechnologische Forschungs- und Entwicklungsaufgaben in Wissenschaft und Industrie vorzubereiten.

Der LWT arbeitet seit vielen Jahren eng mit der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde e.V. (DGM) zusammen. Die Ausrichtung bzw. Durchführung von Seminaren und Fortbildungen (wie z.B. „Verschleißschutzschichten und Korrosionsschutzschichten“ oder „Moderne Beschichtungsverfahren“), Publikationen und Buchbeiträge sowie die Mitarbeit in Facharbeitskreisen gehören hierzu. An Kooperationen mit anderen Forschungseinrichtungen und der Industrie sind wir jederzeit interessiert und freuen uns über die Kontaktaufnahme.



**Abbildung 1:** Herstellung von Wärmedämmsschichten mittels des Plasmaspritzprozesses.

■ Informationen zum Lehrstuhl für Werkstofftechnologie finden sie unter <http://www.lwt.mb.tu-dortmund.de>.



**Abbildung 2:** Arbeiten an der WokaJet 400 HVOF-Anlage.

**Abbildung 3:** Mitglieder des Lehrstuhls für Werkstofftechnologie Dezember 2014.

# How You Can Expand The Capabilities of Your Materials Characterization Test System

Solartron Analytical, specialists in precision electrical test equipment, and cryogenic experts Janis Research Company, have joined forces to produce an advanced cryogenic materials characterization test system.

This cryostat system, a customized version of the Janis Research Company's model STVP cryostat is a versatile research tool, designed to operate between 5 K and 600 K. The sample itself is located in an inert, dry, static exchange gas, (e.g. helium), which ensures that the sample is not affected by exposure to cryogen vapor.

Liquid nitrogen (LN<sub>2</sub>) or liquid helium (LHe) can be used as the cryogen depending on the required operating temperature range. This allows standard tests to be performed using relatively low cost LN<sub>2</sub> as the cryogen. Higher cost LHe can be substituted for the duration of tests where very low temperature is required, providing an economical solution to your test requirements.

## Applications Include

- Development of advanced polymer materials
- Pharmaceutical applications including drug delivery and freeze drying
- Semiconductor materials
- Composite materials and coatings
- Display materials
- Aerospace materials



## High Performance...

- The 129610A is a high performance temperature control system that provides comprehensive test facilities
- Solid and liquid sample holders are included for testing a wide range of materials including solids, gels, oils, powders, pastes....
- Sample holders use guard ring techniques to reject "fringing" effects at the edge of the sample.
- High and low impedance materials samples can be accurately tested using two / four terminal sample connections.
- Fast and accurate temperature settling using a dual channel temperature controller (separately controls the main and sample heaters).
- The system operates with continuous flow of cryogen via a transfer line from the dewar.



©Copyright 2016 AMETEK, Inc All Rights Reserved

## ModuLab<sup>®</sup> Xm

Discover the **Xm** Difference



Market leading impedance analysis



Widest voltage and current range available



Time domain and impedance analysis in a single system



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

AMETEK



**UNIVERSITÄT DUISBURG-ESSEN**

**Prof. Dr.-Ing. Alfons Fischer**

■ Werkstofftechnik

**Prof. Dr. rer. nat. habil. Doru C. Lupascu**

■ Institut für Materialwissenschaft

## » Lehrstuhl Werkstofftechnik (Universität Duisburg-Essen) «

*Der Lehrstuhl Werkstofftechnik wurde 2006 im Rahmen der Zusammenlegung der früheren Universitäten-GH Essen und Duisburg zur Universität Duisburg-Essen (UDE) von Herrn Prof. Dr.-Ing Horst Nowack an Prof. Dr.-Ing. Alfons Fischer übergeben. Die Schwerpunkte der Forschungsarbeiten liegen seitdem in der Tribologie und der Ermüdung metallischer Werkstoffe für Anwendungen in den Bereichen Automobil-, Werkzeug-, Schiffs- und Medizintechnik.*



Prof. Dr.-Ing. Alfons Fischer,  
Inhaber des Lehrstuhls Werkstofftechnik  
der Universität Duisburg-Essen.

■ m Fokus steht immer der Zusammenhang zwischen der inneren Struktur und den jeweiligen Oberflächen- oder Volumeneigenschaften. Insbesondere die skalenübergreifenden, belastungsabhängigen Änderungen der Mikrostruktur im oberflächennahen Bereich bei technischen Metalllegierungen haben einen wesentlichen Einfluss auf das Verhalten bei langen Lebensdauern bzw. ultrakleinen Verschleißraten. Mikrostrukturelle Ungänzen bzw. andere Einflüsse aus der jeweiligen Fertigungskette werden dabei genauso berücksichtigt wie mögliche korrosive Beanspruchungen. Die bislang untersuchten Legierungen reichen Al- bis Ta-Basis, wobei der Schwerpunkt im Bereich der Fe-, Co-, und Cr-Basis Guss- und Schmiedewerkstoffe liegt. Für die Charakterisierung verfügt der Lehrstuhl über licht- und elektronenoptischen Mikroskope (SEM+EBSD/EDS, TEM) und die dazugehörigen Präparationsmethoden. Durch die enge Kooperation innerhalb von CENIDE, dem Centrum für Nano-integration der UDE, stehen des Weiteren alle wesentlichen Methoden zur Zielpräparation und für hochelement- und ortsauflösende Analysen direkt zur Verfügung. Aufgrund der Ausrichtung des Lehrstuhls ist er national und international sehr gut mit der einschlägigen Industrie vernetzt. Im akademischen Bereich wird er national kaum wahrgenommen, arbeitet aber sehr eng mit KollegInnen in der EU, in den USA und in Kanada zusammen.

Die Lehre erstreckt sich vom Bachelor bis in den Masterbereich verschiedener Studiengänge mit Ingenieuranteilen (Maschinenbau, Wirtschaftsingenieur, Metallurgie- und Umformtechnik, Gießereitechnik, Internation Studies of Engineering). Im Bachelor werden die Grundlagen der Metallkunde sowie zu Gusseisen, Stählen, NE-Metallen, Ingenieurkeramiken und Polymeren vermittelt und im Praktikum vertieft. Des Weiteren wird eine Vorlesung Werkstoffauswahl der verschleiß- und korrosionsbeständigen Werkstoffe angeboten. Die Lehrschwerpunkte im Masterbereich sind Werkstoffauswahl für Hochtemperatur und Leichtbau, Zulassung von Medizinprodukten, Schadensanalyse sowie Tribologie.

Der Lehrstuhl ist national in Arbeitskreisen der technisch-wissenschaftlichen Vereine DGM, DVM und VDI aktiv und begrüßt ausdrücklich die Aktivitäten des DGM-Regionalforums Rhein-Ruhr.

■ Weitere Informationen zum Lehrstuhl finden Sie unter: [www.uni-due.de/wt](http://www.uni-due.de/wt).

# » 135 Jahre Edmund Bühler GmbH – Qualität aus Tradition «

Die Edmund Bühler GmbH mit ihrem Firmensitz in Tübingen und Produktionsstandort in Hechingen feierte letztes Jahr ihr 135-jähriges Bestehen. Die Firma wurde im Jahr 1880 in der Universitätsstadt Tübingen von Edmund Bühler gegründet und befindet sich seither im Familienbesitz. Heute ist sie ein weltweit operierendes, mittelständisches Unternehmen mit zwei Schwerpunkten: vielseitige Laborgeräte sowie moderne, technisch ausgereifte Anlagen für die Materialforschung.

## Materialtechnik – für höchste Ansprüche in der Metallforschung

### ■ Unsere Schwerpunkte:

**Lichtbogenschmelzen** – Arc Melting Anlagen zum Schmelzen und Legieren in hochreiner Schutzgasatmosphäre: Neben einem kompakten Tischgerät bzw. einer Gloveboxversion für jeweils max. 20 g werden Anlagen bis max. 200 g oder max. 500 g angeboten. Passende leistungsfähige Generatoren und (Hoch-) Vakuumpumpenstände sowie weitere Optionen komplettieren die Systeme.

**Kupferboot** zum induktiven Aufschmelzen und Legieren kleiner Proben: Kompakte Anlage für z.B. reaktive Metalle oder Legierungen, deren Bestandteile sehr unterschiedliche Schmelzpunkte haben. Intensive Durchmischung der Schmelze dank beweglicher Induktionsspule.

**Schmelzspinnanlagen** – Melt Spinning Systeme für die Herstellung von schnell abgeschreckten, amorphen oder nanokristallinen Bändern oder Flakes im Hochvakuum oder in Inertgasatmosphäre: Neben kleinen Forschungsanlagen bis max. 10 g bzw. 60 g bieten wir auch teilautomatisierte Pilotanlagen bis 500 g sowie kunden-spezifische teil- oder vollautomatisierte Produktionsanlagen an.

**Splat Quencher** zur Herstellung von schnell abgeschreckten, amorphen „Splats“: Tiegelfreies Schmelzen von kleinen (auch reaktiven) Proben mit anschließendem Abschrecken aus der Schmelze durch zwei Kupferschlagbolzen.

**Verschiedene Gießverfahren:** als Option für Arc Melter und Melt Spinner (Tilt Casting, Suction Casting, Pressure Casting)

**Kundenspezifische Glühanlagen und Induktionsschmelzanlagen:** zum Schmelzen und, optional, zum Abgießen von metallischen Proben.

**Hochtemperatur- und Tieftemperatur-Röntgendiffraktionskammern:** für fast alle gängigen Goniometer.

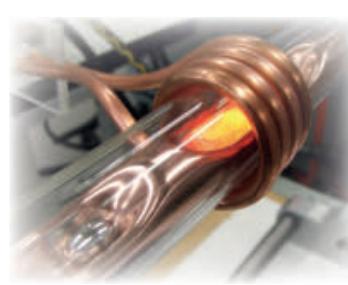
**Individuelle Lösungen für Forschung und Industrie** in den Bereichen Hochvakuum, Hochtemperatur, Schmelzen, Legieren, Gießen, Schnellabschrecken, Temperieren, von kleinen Anlagen für die Grundlagenforschung über Pilotanlagen für größere Mengen bis zu Produktionsanlagen: Mehr als 35 Jahre Erfahrung und Know-how im Bereich Materialtechnik sowie eine hohe Fertigungstiefe im eigenen Werk ermöglichen sowohl Standard- als auch Sonderlösungen.



## Für höchste Ansprüche in der Materialtechnik



- Arc Melting
- Vakuum-/Druckguss
- Splat Quenching
- XRD-Hochtemperaturkammern
- Melt Spinning
- Glühen
- Induction Melting



Edmund Bühler GmbH  
Am Ettenbach 6  
72379 Hechingen

Tel.: 07471 / 98 64-0  
Fax: 07471 / 98 64-75

info@edmund-buehler.de  
www.edmund-buehler.de

MADE IN GERMANY

## » Institut für Materialwissenschaft (Universität Duisburg-Essen) «

*Das Institut für Materialwissenschaft ist in der Fakultät für Ingenieurwissenschaften der Universität Duisburg-Essen angesiedelt. Die Tradition des Instituts ist die klassische Analyse von Beton und seiner Dauerhaftigkeit, die mit der Frostforschung unter Prof. Max Setzer ihren Höhepunkt fand. Seit der Berufung von Prof. Doru C. Lupascu im Jahr 2008 stehen Funktionswerkstoffe im Vordergrund der Forschung. Die klassische Expertise des jetzigen Lehrstuhlinhabers liegt im Bereich der Zuverlässigkeit von Funktionskeramiken mit all ihren Facetten elektrischer, chemischer und mechanischer Art. Bindendes Glied über die Werkstoffklassen hinweg ist die Werkstoffmechanik insbesondere in ihren spröden Aspekten und die elektrische Charakterisierung.*



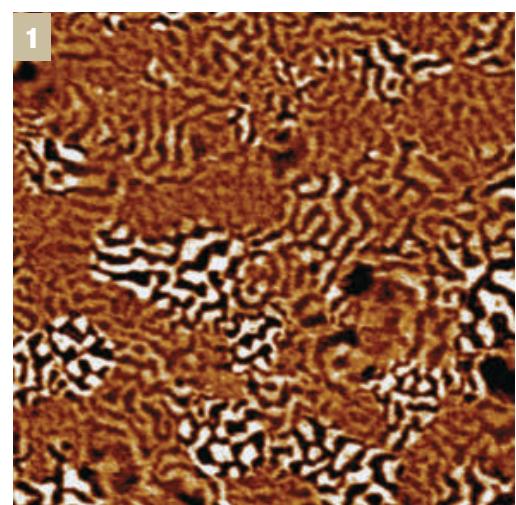
*Prof. Dr. rer. nat. Doru C. Lupascu,  
Leiter des Instituts für Materialwissenschaft  
der Universität Duisburg-Essen.*

**A**m Institut werden aktuell vier wesentliche Arbeitsrichtungen verfolgt: Elektrokeramik, Rasterkraftmikroskopie, Nanopartikelsynthese und Perowskit-Solarzellen.

Ferroelektrika und Piezowerkstoffe sind das ursprüngliche Arbeitsfeld des Lehrstuhlinhabers mit Fokus auf der Schädigung dieser *Elektrokeramiken* in all ihren Facetten. Themen hierzu sind mikroskopische Veränderungen auf Gefügeebene, die Wechselwirkung mit Elektroden, die Schädigung durch Mikro- und Makrorisse, Alterungsphänomene und Transport. Für die technische Anwendung in piezoelektrischen Aktoren und ferroelektrischen Speichern gilt es, die notwendigen Kenntnisse über Materialveränderungen zu erfassen, die dann eine geeignete Bauteilauslegung und Werkstoffverbesserungen ermöglichen.

Verständnis der verschiedenen Kopplungsmechanismen von der Mikrostruktur bis zum Makrowerkstoffe ist hier wesentliches Element. Die elektrisch und magnetisch remanenten Eigenschaften können auch als elektrisch schreibbare und magnetisch lesbare Speicher nutzbar gemacht werden, was technologisch mit der Skalierung auf die Nanoskala einhergeht. Dieses Forschungsfeld wird in enger Kollaboration mit der Physik auf dem Duisburger Campus bzgl. magnetischer Eigenschaften und mit dem Institut für Mechanik für die Werkstoffmodellierung bearbeitet.

Bleifreie Piezoelektrika werden benötigt, um die derzeit verwendeten toxischen Systeme zu ersetzen.



*Abbildung 1: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme des Relaxor-Ferroelektrikum-Verbundwerkstoffes 70(BNT-6BT-2KNN)/30(BNT-7BT) • Abbildung von D. Dittmer-Gobeljic.*

Multiferroische keramische Komposite werden derzeit insbesondere für hochsensible Sensoren entwickelt. Kleinste Magnetfelder, wie sie z.B. in der Hirndiagnostik auftreten, können hiermit auch bei Umgebungsbedingungen nachgewiesen werden. Dieses war mit bisherigen Sensortypen nicht möglich, da sie stark gekühlt werden müssen. Ziel der im Institut verfolgten Projekte ist es, Werkstoffe mit optimierten Eigenschaften zu entwickeln und insbesondere ihre mechanischen, magnetoelektrischen und remanenten Eigenschaften umfassend zu charakterisieren und einer Modellierung zugänglich zu machen. Ein möglichst vollständiges

zen. Bisher sind keine Werkstoffe bekannt, die vergleichbar gute Piezokoeffizienten erreichen, wie die bleihaltigen ferroelektrischen Verbindungen auf Basis von Blei-Zirkonat-Titanat (PZT), der Werkstoff, der derzeit die Märkte weltweit dominiert. Aufgrund der wachsenden Sensibilisierung für Umweltfragen

Am Institut werden die Werkstoffsynthese und die Solarzellenherstellung verfolgt. Besonderes Augenmerk liegt auf geeigneten Elektrodenwerkstoffen.

Die Universität Duisburg-Essen bietet ein vielfältiges Umfeld für Werkstoffentwicklung und ihre



2



3

und den damit einher gehenden gesetzlichen Vorschriften müssen diese jedoch abgelöst werden. Größtes Problem sind derzeit die großen Verluste in den bleifreien Werkstoffen, die zu einer Erhitzung und zu sehr schneller Degradation führen. Hier gilt es, sowohl neue Mischungen auszuprobieren, als auch bereits bekannte Verbindungen durch Dotierung in ihren elektrischen und elektromechanischen Eigenschaften signifikant zu verbessern. Werkstoffentwicklung und Diagnostik sind hier die Schwerpunkte. Ferroische Kühlung ist eines der Anwendungsfelder.

Oxidische *Nanopartikel* werden am Institut als Präkursoren der Keramiksynthese und als photokatalytische Partikel synthetisiert. Ein neuer Schwerpunkt, der sich hier entwickelt hat, ist es, diese Nanopartikel in Verbundwerkstoffen einzusetzen, deren thermische Leitfähigkeit sehr niedrig ist. Ziel ist, Struktur tragende Werkstoffe zu erzielen, die trotzdem hohe oder höchste thermische Isolationswerte zeigen.

*Perowskit-Solarzellen* sind ein seit erst fünf Jahren betrachtetes Arbeitsfeld. Innerhalb von zwei Jahren konnten die Effizienzen bis auf 20 % erhöht werden. Mit dieser Geschwindigkeit hatte sich vorher noch kein anderer Solarzellentyp entwickelt. Derzeit gehen die Untersuchungen weltweit dahin, die bleihaltigen organisch-anorganischen Hybridverbindungen durch bleifreie zu ersetzen, ein auch in den oxidischen Perowskiten schon lange aktuelles Thema.

Charakterisierung. Insbesondere Nanowerkstoffe stehen campusweit an erster Stelle, getragen vom Center for Nanointegration Duisburg-Essen (CENIDE). 52 Professuren sind in diesem Verbund organisiert. Mit dem NETZ-Gebäude ist ein Zentrum zur Werkstoffanalytik erster Güte entstanden, das den Teams aus der gesamten Universität und den Partneruniversitäten der Universitätsallianz Ruhr zur Verfügung steht. Kontakte zum Forschungszentrum Jülich, zur Ruhr-Universität Bochum, zur TU Dortmund und zum Fraunhofer ISE in Gelsenkirchen runden das Portfolio der lokalen Zusammenarbeiten ab.

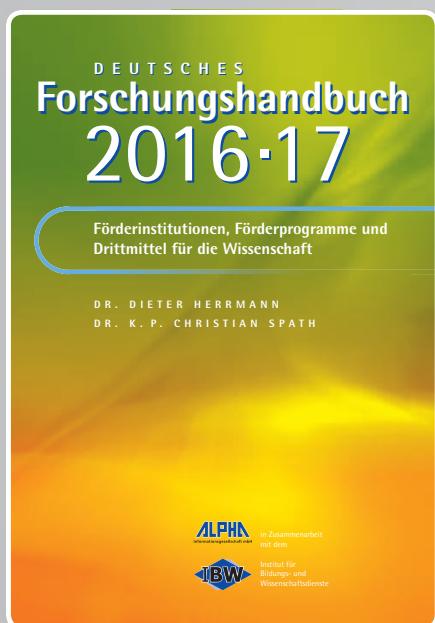
Der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde (DGM) ist das Institut für Materialwissenschaft eng verbunden. Die DGM bietet inzwischen auch im Bereich der Funktionswerkstoffe ein exzellentes Umfeld für etablierte Wissenschaftler und dynamischen Nachwuchs. Die Aktivitäten des DGM-Regionalforums Rhein-Ruhr liegen uns besonders nahe, da wir im Umfeld des Landes Nordrhein-Westfalen eine Breite an Werkstoffexpertise vorfinden, die schon lange einen eigenen Rahmen verdient. Dies wollen wir aktiv unterstützen. Wir freuen uns über Ihre Kontaktaufnahme und sind gerne zu einem Gespräch über eine Zusammenarbeit bereit.

■ Weitere Informationen zum Institut für Materialwissenschaften finden sie online: [www.uni-due.de/materials](http://www.uni-due.de/materials).

Abbildung 2: Nanolabor des Instituts.

Abbildung 3: Team des Instituts für Materialwissenschaft 2015.

# Wer fördert was?



FÖRDERINSTITUTIONEN,  
FÖRDERPROGRAMME UND DRITTMITTEL  
FÜR DIE WISSENSCHAFT

ISBN 978-3-9815271-1-7

Konzeption, Redaktion, Texte:  
**Dr. Dieter Herrmann** und  
**Dr. K. P. Christian Spath**

## DEUTSCHES FORSCHUNGSHANDBUCH Ausgabe 2016-17

Drittmittel spielen in Wissenschaft und Forschung eine zentrale Rolle. Die ALPHA Informationsgesellschaft gibt seit 1995 regelmäßig eine aktuelle Dokumentation aller Fördermöglichkeiten für Wissenschaft und Forschung heraus. Experten mit Jahrzehntelanger Erfahrung in der universitären und außeruniversitären Forschungsverwaltung haben ein umfassendes Nachschlagewerk erstellt, das alle Förderquellen aufzeigt und für jede Art von Antragsstellung und Bewerbung wichtige Ratschläge gibt.

Es gibt in Deutschland eine Vielzahl von Förderprogrammen, die sich an den wissenschaftlichen Nachwuchs (Promotions-, Postdoc- und Habilitationsstipendien), an Frauen in der Wissenschaft (z.B. Wiedereinstiegsstipendien), an etablierte Wissenschaftler/innen (z.B. Forschungsaufenthalte im Ausland) oder an wissenschaftliche Institutionen (z.B. Stiftungsprofessuren) wenden. Die Spannbreite reicht von europäischen Förderprogrammen und nationalen Förderinstitutionen bis hin zu vielen privaten Stiftungen. Darüber hinaus gibt es mehrere hundert staatliche und private Förderer, die Mittel bereitstellen für ein geplantes Forschungsprojekt oder für die Zusatzausstattung eines bereits laufenden Vorhabens, für Fachkongresse, Symposien und Workshops, den Aufbau einer Forschergruppe oder einer internationalen Forschungs-kooperation, für Druckkosten oder digitale Publikation, für Gastprofessuren oder die Einladung eines ausländischen Kollegen.

Alle Fördermöglichkeiten zu kennen ist das eine, sie auch erfolgreich zu nutzen das andere. Deshalb enthält der Ratgeber zahlreiche Kapitel über die optimale Antragsgestaltung, Musterverträge für die Wissenschaft und über Besonderheiten bei der Antragsstellung für europäische Förderprogramme, aber auch über die Möglichkeiten des Sponsorings, über Patente und Lizenzverwertung. Zur wissenschaftlichen Karriere gehören auch Wissenschaftspreise und Forschungsstipendien. Auch hier beschränkt sich das Buch nicht auf die Auflistung der wichtigsten Forschungsstipendien und Wissenschaftspreise, sondern gibt umfassende Hinweise für eine Selbstbewerbung oder eine Nominierung durch Dritte.

Der Ratgeber kann zum Preis von 19,90 EUR über den Buchhandel bezogen werden oder – zuzüglich Versandkosten – direkt vom Verlag:

**ALPHA** Informationsgesellschaft mbH  
Susanna Paulin  
Finkenstraße 10 · 68623 Lampertheim  
Telefon: (0 62 06) 939-210  
Telefax: (0 62 06) 939-243  
E-Mail: [paulin@alphapublic.de](mailto:paulin@alphapublic.de)



## UNIVERSITÄT PADERBORN

**Prof. Dr.-Ing. Guido Grundmeier**

■ Lehrstuhl für Technische und Makromolekulare Chemie,  
Fakultät für Naturwissenschaften

## » Lehrstuhl für Technische und Makromolekulare Chemie (Universität Paderborn) «

### Strukturen, Kräfte und Prozesse an Materialgrenzflächen

*Seit 2006 wird der neu geschaffene Lehrstuhl für Technische und Makromolekulare Chemie an der Universität Paderborn von Prof. Dr.-Ing. Guido Grundmeier geleitet. Die Ergänzung der Technischen Chemie (Lehrstuhlinhaber für Technische Chemie bis 2008: Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Warnecke) durch die Makromolekulare Chemie begründete sich in der werkstoffwissenschaftlichen Neuausrichtung mit einer Spezialisierung im Bereich der polymeren Grenzflächen und Prozesse. Heute ist der Lehrstuhl eingebunden in das interdisziplinäre Institut für Leichtbau mit Hybridsystemen (ILH) als zentrale wissenschaftliche Einrichtung der Universität.*



Lehrstuhlinhaber  
Prof. Dr.-Ing. Guido Grundmeier.

Strukturen, Kräfte und Reaktionen an Grenzflächen sind von herausragender Bedeutung für viele technische Prozesse, die Funktionalität und Stabilität von Kompositmaterialen und Biomaterialien, sowie die Weiterentwicklung der Oberflächen- und Partikeltechnik. Der Lehrstuhl für Technische und Makromolekulare Chemie entwickelt dazu neue Ansätze in den Bereichen der in-situ Analytik von Grenzflächenprozessen und Messung von molekularen Kräften an Grenzflächen sowie der molekularen und makromolekularen Nanostrukturierung. Zudem werden neue chemische und elektro-chemische Schichtbildungsprozesse für Anwendungen im Bereich des Korrosionsschutzes und der haftstabilen Verbindung von Werkstoffen entwickelt. Die grundlegenden interdisziplinären Arbeiten sind in verschiedene DFG-Programme eingebunden.

Zu nennen sind hier insbesondere der SFB Transregio 87 (Gepulste Hochleistungsplasmen zur Synthese nanostrukturierter Funktionsschichten) und die DFG Schwerpunktprogramme „Partikel in Kontakt (SPP 1486) und „Fügen durch plastische Deformation (SPP 1640)“.

Zudem kooperiert der Lehrstuhl auf nationaler und internationaler Ebene mit verschiedenen Industrie-



1

partnern im Bereich Chemie, Stahl, Automobil und Polymere auf Basis von AiF und EU-Projekten. Technologische Gebiete sind hierbei das Fügen durch Kleben, die polymere Verfahrenstechnik sowie der Korrosionsschutz von Werkstoffen.

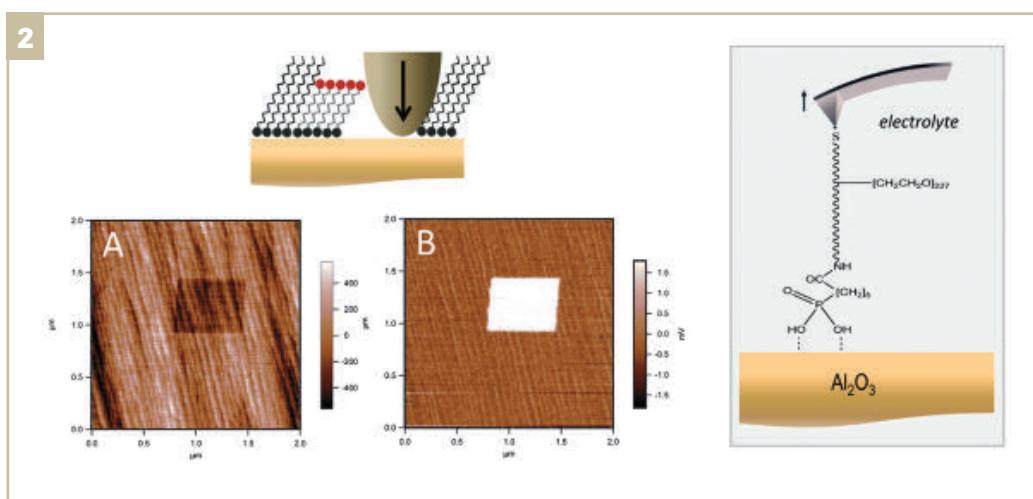
In Forschung und Lehre setzen wir damit inhaltliche Schwerpunkte an der Schnittstelle von Naturwissenschaften und Materialwissenschaften sowie Verfahrenstechnik. Ein Beispiel hierfür ist die Elektrochemie, die von den Grundlagen bis zu Prozesstechnik im Bereich der Galvanik sowie der Korrosionsforschung am TMC ein wesentlicher Bestandteil von Forschung und Lehre ist.

Abbildung 1: UHV-Analytiksystem PIA (Paderborn Integrated Analysis-System for Interface Science) mit den Methoden XPS, AES, UPS, ISS, SEM, AFM, STM, LEED, Ionenstrahlbehandlung.

Ein neues Forschungsgebiet des Lehrstuhls sind Biomaterialgrenzflächen. In Kooperation mit anderen Forschungsinstitutionen aus Physik, Chemie und Medizin werden die modernen analytischen Methoden des Lehrstuhls für die Erforschung von Adhäsion und Korrosion im Bereich der Biomaterialien eingesetzt. Die Arbeiten auf diesem Gebiet konzentrieren sich insbesondere auf den Einfluss der physikochemischen Oberflächeneigenschaften wie Benetzbarkeit und Topographie auf die Proteinadsorption, -aggregation und Zellantwort. Hierzu werden sowohl medizinisch relevante Implantatmaterialien wie Biokeramiken untersucht als auch

Die laufenden Arbeiten verknüpfen Bereiche der Spektroskopie, Mikroskopie und Elektrochemie mit neuen Methoden zur Synthese von funktionalen Nanomaterialien. Modernste Methoden der optischen in-situ Spektroskopie, Elektronenspektroskopie und der Raster-Kraftmikroskopie werden eingesetzt und methodisch weiterentwickelt. In vielen Fällen ist die spektroskopische oder mikroskopische Methodik mit elektrochemischer Analytik gekoppelt.

Der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde (DGM) ist der Lehrstuhl für Technische und Makro-



**Abbildung 2:** Nanografting und Einzelmolekül-Kraftspektroskopie zur Analyse lokaler molekularer Adhäsion auf Einkristalloberflächen.

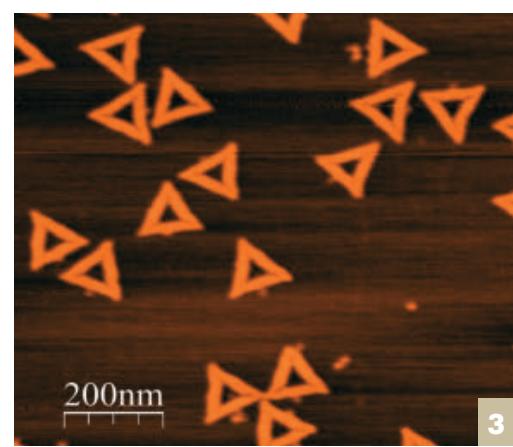
**Abbildung 3:** Rasterkraftmikroskopische Aufnahme von dreieckigen DNA-Origami-Nanostrukturen.

idealisierte Modellsysteme. Die gewonnenen Erkenntnisse aus diesen Forschungsaktivitäten sind von besonderer Bedeutung für die Optimierung der Integration von Implantaten und die Vermeidung von Abstoßungsreaktionen. Weiterhin kann über eine gezielte physikochemische Oberflächenstrukturierung die spezifische und unspezifische Adsorption von Biomolekülen wie DNA oder Proteinen dirigiert werden, so dass sich komplexe Muster auf der Mikro- und Nanometerskala realisieren lassen, welche vielfältige Anwendungen in der Biosensorik und dem Tissue Engineering haben.

Der Lehrstuhl ist in folgende Forschungsgebiete gegliedert:

- Grenzflächenchemie und Adhäsion (Prof. Dr.-Ing. Guido Grundmeier)
- Oberflächen- und Nanotechnologie (PD Dr. rer. nat. Teresa de los Arcos)
- Biomaterialgrenzflächen und Nanobiomaterialien (Dr. rer. nat. Adrian Keller)

molekulare Chemie neben der traditionellen Anbindung an die Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) seit seiner Gründung eng verbunden. Zu den Aktivitäten des DGM-Regionalforums Rhein-Ruhr tragen wir gerne bei. Dabei profitieren wir auch von den sehr guten Kontakten zu den anderen Standorten unseres Regionalforums. Wir freuen uns über eine Kontaktaufnahme und sind gerne zu einem Gespräch über eine Zusammenarbeit bereit.



- Informationen zum Lehrstuhl für technische und Makromolekulare Chemie finden sie unter: <http://chemie.uni-paderborn.de/grundmeier/>

## » Der neue DuraScan G5 mit 10-Megapixel-Kamera «

*Die Firma EMCO-TEST, Innovationsführer im Bereich Härteprüfmaschinen, stellte Anfang Januar ihr neuestes Produkt für die Härteprüfung in der Metallindustrie vor. Der neue DuraScan G5 verbindet einen einzigartig breiten Lastbereich mit der von EMCO-TEST gewohnten einfachen Bedienung und erleichtert dadurch die tägliche Laborarbeit – auch bei komplexen Aufgabenstellungen.*

**N**eue, innovative Lösungen wie beispielsweise der patentierte Schnellgang für die Höhenverstellung steigern die Effizienz in der Qualitätssicherung. Die hohe Präzision und Ausfallsicherheit wird durch den Einsatz modernster Mess- und Regeltechnik erreicht und gewährleistet präzise Ergebnisse, Wiederholgenauigkeit und Zuverlässigkeit.

Neue Funktionen des DuraScan G5:

### **Innovation in der Bildauswertung**

■ Einzigartig am Markt ist die Ausstattung mit einer 10-Megapixel-Kamera, die es dem Anwender ermöglicht, pro Objektiv mehr Applikationen abzudecken, womit in der Summe weniger Objektive benötigt werden und auch weniger Objektivwechsel anfallen.

### **Breites Anwendungsspektrum**

■ Der neue DuraScan G5 bietet ein enorm erweitertes Anwendungsspektrum. Mit diesem innovativen Härteprüfer können Prüfungen mit einer Kraft von 0,25 g bis 62,5 kg durchgeführt werden. Der Standardlastbereich liegt dabei bei 10 g bis 62,5 kg und ist optional jederzeit erweiterbar auf 0,25 g bis 62,5 kg. Die Kraft wird dabei kontinuierlich und präzise über eine Reihe elektronischer Kraftmesssensoren elektronisch überwacht. In dem Lastbereich kann nach den Prüfmethoden Vickers, Knoop und Brinell nach EN ISO und ASTM gemessen werden.

### **Beschleunigung der Abläufe**

■ Die innovativen Lösungen der DuraScan G5-Serie helfen, Zeit zu sparen. Durch den neuen, patentierten Schnellgang für die Höhenverstellung lässt sich der Prüfkopf mit 10-facher Geschwindigkeit in der Höhe verfahren. Das spart wertvolle Zeit bei der Um-

stellung auf unterschiedlich hohe Proben.

### **Intuitive Bediensoftware: ecos Workflow**

■ Eine moderne und intuitive Benutzeroberfläche verkürzt die Einarbeitungszeit und reduziert Bedienerfehler. Die von EMCO-TEST entwickelte Benutzeroberfläche ecos Workflow setzt hier seit Jahren den Standard. Alle klassischen Aufgaben der Härteprüfung werden über wenige, klar strukturierte Arbeitsschritte abgebildet. Die Bediensoftware führt den Benutzer dabei Schritt für Schritt durch den Messprozess bis hin zur Datensicherung. Eine klare Zeichensprache und die Verfügbarkeit der Software in 13 Sprachen sind dabei selbstverständlich.

Über die bei allen DuraScan G5-Geräten seriennmäßig enthaltene und gut dokumentierte Schnittstelle xCHANGE kann der Import und Export von Prüfparametern und Prüfergebnissen einfach automatisiert und somit beschleunigt werden.



### **KONTAKT**

#### **EMCO-TEST Prüfmaschinen GmbH**

Kellau 174

A-5431 Kuchl

Österreich

Tel.: +43 6244 20438

office@emcotest.com

www.emcotest.com



**DEPARTMENT MASCHINENBAU**  
INSTITUT FÜR WERKSTOFFTECHNIK

**Prof. Dr. rer. nat. Robert Brandt**

■ Lehrstuhl für Werkstoffsysteme für den Fahrzeugleichtbau

**Prof. Dr.-Ing. habil. Hans-Jürgen Christ**

■ Lehrstuhl für Materialkunde und Werkstoffprüfung

**Prof. Dr. rer. nat. habil. Xin Jiang**

■ Lehrstuhl für Oberflächen- und Werkstofftechnologie

## » Lehrstuhl für Materialkunde und Werkstoffprüfung (Universität Siegen) «

*Den Grundstein für die spätere Universität Siegen legte die 1853 gegründete und über die Landesgrenzen hinaus bekannte „Wiesenbauschule“. Nach dem 2. Weltkrieg verlagerte sich der Schwerpunkt der Ausbildung in Richtung Bauingenieurwesen. Seit 1962 nannte sich die Schule deshalb „Staatliche Ingenieurschule für Bauwesen“. Der Fachbereich Maschinenbau knüpft wiederum an die Geschichte der im Jahre 1900 gegründeten „Fachschule für Eisen- und Stahlindustrie“ an.*



*Prof. Dr.-Ing. Hans-Jürgen Christ,  
Inhaber des Lehrstuhls für  
Materialkunde und Werkstoffprüfung  
der Universität Siegen.*

**M**it der Gründung der „Pädagogischen Hochschule Siegerland“ im Jahr 1964 wurde die akademische Tradition Siegens neu belebt. 1972 entstand dann die Gesamthochschule Siegen aus dem Zusammenschluss von Fachhochschule und Pädagogischer Hochschule und der Aufnahme des Studien- und Forschungsbetriebs in neuen universitären Studiengängen. Der Gründungsauftrag der fünf zeitgleich neu gegründeten Gesamthochschulen in Nordrhein-Westfalen lautete, die theorie- und praxisorientierte Ausbildung enger miteinander zu verknüpfen, mehr Durchlässigkeit und Chancengleichheit im Bildungssystem herzustellen und die Regionalisierung des Studienangebotes und des Forschungspotenzials voranzubringen. Aus politischer Sicht war das Modell „Gesamthochschule“ allerdings nicht erfolgreich, so dass alle fünf NRW-Gesamthochschulen zum 1.1.2003 zu Universitäten wurden.

Das Institut für Werkstoffkunde wurde an der staatlichen Ingenieurschule Siegen bereits Anfang der 70er Jahre gegründet und konnte 1981 in die neuen Räumlichkeiten der heutigen Universität Siegen umziehen. Damit war es möglich, Prüfeinrichtungen und Labore aufzubauen. Nach Übernahme der Professor für Werkstofftechnik von Herr Prof. Dr.-Ing. Klaus Detert durch Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. Hans-Jürgen Christ im Jahre 1993 und der damit verbundenen Gründung des Lehrstuhls für Materialkunde und Werkstoffprüfung konnte dieser Expansionskurs erfolgreich fortgeführt werden und hat inzwischen

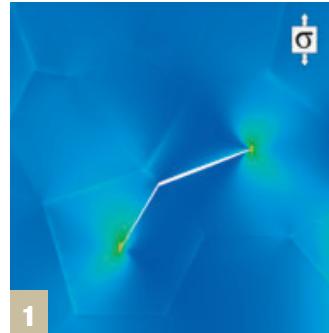
zu einer beachtlichen personellen und apparativen Ausstattung geführt, die eine sehr gute Basis für eine erfolgreiche Forschung bietet.

Der Lehrstuhl für Materialkunde und Werkstoffprüfung bildet zusammen mit dem Lehrstuhl für Oberflächen- und Werkstofftechnologie und dem im Jahr 2013 gegründeten Lehrstuhl für Werkstoffsysteme für den Fahrzeugleichtbau das Institut für Werkstofftechnik des Departments Maschinenbau der Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät. Die enge Vernetzung der MatWerk-Lehrstühle in Lehre und Forschung und die sehr guten Kooperationsmöglichkeiten innerhalb der Naturwissenschaftlichen-Technischen Fakultät bieten hervorragende interdisziplinäre wissenschaftliche Arbeitsmöglichkeiten.

Die Forschungsinteressen des Lehrstuhls für Materialkunde und Werkstoffprüfung liegen im Bereich der Aufklärung der Zusammenhänge zwischen der Werkstoffmikrostruktur, den daraus resultierenden makroskopischen Eigenschaften und der Schädigungsentwicklung unter komplexen Beanspruchungsbedingungen. Im Vordergrund stehen hierbei die aus der Werkstoffbeanspruchung resultierenden Werkstoffantworten und deren Veränderungen, die in der technischen Praxis die Einsatz- oder gar die Lebensdauer eines Werkstoffs bestimmen, wie zum Beispiel die isotherme und thermomechanische Materialermüdung, die Kriechverformung, die Hochtemperaturkorrosion

oder die Wasserstoffversprödung. Diese Beanspruchungen werden im Labor in entsprechenden Versuchen unter betriebsnahen Bedingungen abgebildet, und das dabei quantitativ erfasste makroskopische Werkstoffverhalten wird mit der parallel dazu ermittelten Mikrostrukturveränderung korreliert. Untersucht werden zumeist Hochleistungsstrukturwerkstoffe, die entweder kurz vor oder gerade am Beginn ihres technischen Einsatzes stehen, wobei die Palette primär metallische Werkstoffe umfasst, aber auch Verbundwerkstoffe, metallische Schäume und Schwämme einschließt. Ergänzt wird diese Werkstoffpalette in einzelnen Projekten um Verbund- und nichtmetallische Werkstoffe, die von der Dentalkeramik bis zum biologischen Material, wie Knochen und Sehnen, reichen. Neben der experimentellen Werkstoffprüfung und der -charakterisierung auf unterschiedlichen Größenskalen stellt die realitätsnahe Beschreibung, Modellbildung und Simulation der Schädigungsentwicklung einen wichtigen Schwerpunkt der Forschungsarbeiten am Lehrstuhl dar. Vorrangiges Ziel ist hierbei, die re-

Intermetallischen Verbindungen besteht eine langjährige und sehr fruchtbare Kooperation mit dem Helmholtz-Zentrum Geesthacht. Die Arbeitsgruppe „Hochtemperaturkorrosion“ am Lehrstuhl führt Verbundvorhaben gemeinsam mit dem IEK-2 des Forschungszentrums Jülich, dem Institut für Angewandte Materialien des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) sowie dem Institut für Werkstoffe der Technischen Universität Braunschweig durch. Die am Lehrstuhl vertretene Arbeitsgruppe „Materialermüdung“ bearbeitet allein innerhalb des Schwerpunktprogramms SPP1466 der DFG, das den Titel „Life“ – Unendliche Lebensdauer für zyklisch beanspruchte Hochleistungswerkstoffe“ trägt, vier Verbundprojekte. Dieses Schwerpunktprogramm wird von Prof. Christ koordiniert und umfasst ortsteilweise insgesamt 34 Teilprojekte, die der Frage nachgehen, welche Mechanismen für eine Schädigung bei sehr niedrigen Lastamplituden (weit unterhalb der Streckgrenze) verantwortlich sind und ob diese Mechanismen eine physikalisch begründete Dauerfestigkeit erlauben. Darüber ist die Arbeits-



**Abbildung 1:** Finite Elemente Simulation des mikrostrukturdominierten Kurzrisswachstums.



2



3

levanten Schädigungsmechanismen und deren Kopplung zu identifizieren und die so gewonnenen Erkenntnisse für eine mechanismenorientierte Lebensdauerabschätzung und eine gezielte Werkstoffoptimierung zu verwenden.

Eine hohe Anzahl der am Lehrstuhl für Materialkunde und Werkstoffprüfung bearbeiteten Forschungsvorhaben wird im Rahmen von Verbundprojekten durchgeführt, um die Expertise der wissenschaftlichen Partner zugunsten einer erweiterten und oftmals multidisziplinären Herangehensweise nutzen zu können. So wird beispielsweise der Modellierungs- und Simulationsteil von Verbundvorhaben meist in der Arbeitsgruppe „Technische Mechanik“ (Prof. Dr.-Ing. Claus-Peter Fritzen) am Institut für Mechanik und Regelungstechnik – Mechatronik der Universität Siegen durchgeführt. Im Bereich der

gruppe „Biomechanik“ interdisziplinär stark vernetzt mit dem Labor für experimentelle Unfallchirurgie und dem Institut für Veterinär-Anatomie, -Histologie und Embryologie der Justus-Liebig-Universität Gießen sowie der Veterinärmedizin des Translationszentrums für Regenerative Medizin der Universität Leipzig.

Herr Prof. Dr.-Ing. Hans-Jürgen Christ ist als Leiter des Lehrstuhls für Materialkunde und Werkstoffprüfung der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde (DGM) eng verbunden. Die ehrenamtlichen Tätigkeiten für die DGM reichen von der 13-jährigen Leitung des Arbeitskreises „AG Materialermüdung“ über den Vorsitz der Preiskuratoriums II bis hin zur Funktion des DGM-Vorsitzenden (2013/2014). Regelmäßig werden DGM-Fortbildungsveranstaltungen zur mechanischen Werkstoffprüfung und dem Ermüdungsverhalten in Siegen angeboten.

**Abbildung 2:** Arbeiten am Focused Ion Beam System (FIB) Helios Nanolab 600.

**Abbildung 3:** Mitglieder des Lehrstuhls für Materialkunde und Werkstoffprüfung.

■ Informationen zum Lehrstuhl für Materialkunde und Werkstoffprüfung finden sie unter <http://www.mb.uni-siegen.de/Imw/>.

## » Lehrstuhl für Werkstoffsysteme für den Fahrzeugleichtbau (Universität Siegen) «

*Der Lehrstuhl für Werkstoffsysteme für den Fahrzeugleichtbau nahm im Januar 2013 seine Arbeit auf. Dem Thema Fahrzeugleichtbau widmet sich die Universität Siegen in ganz besonderer Weise. Die von der Muhr und Bender KG an die Universität Siegen vergebene Stiftungsprofessur „Werkstoffsysteme für den Fahrzeugleichtbau“ ist ein weiterer, wichtiger Baustein für zukünftige Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet. Aus der engen Zusammenarbeit mit der regionalen und überregionalen Industrie erwachsen die Aufgabenstellungen für den Lehrstuhl und die Lösungen für die Unternehmen.*



*Prof. Dr. Robert Brandt,  
Leiter des Lehrstuhls für Werkstoff-  
systeme für den Fahrzeugleichtbau  
der Universität Siegen.*

**G**leichzeitig wird durch unsere anwendungsorientierte Forschung die Ausbildung der Studenten des Maschinenbaus und die Lehre im Bereich Material- und Werkstofftechnik der Universität Siegen weiter gestärkt. Zudem unterstützt der Lehrstuhl mit speziellen Schulungsangeboten die Weiterbildungsprogramme von Unternehmen, beispielsweise unter der Schirmherrschaft von Professor Horst Weiß die „Mubea Academy“ der Firma Mubea.

Der Lehrstuhl für Werkstoffsysteme für den Fahrzeugleichtbau bildet zusammen mit dem Lehrstuhl für Materialkunde und Werkstoffprüfung sowie dem Lehrstuhl für Oberflächen- und Werkstofftechnologie das Institut für Werkstofftechnik im Department Maschinenbau der Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät der Universität Siegen. Durch die enge Vernetzung der MatWerk-Lehrstühle in Lehre und Forschung bieten sich hervorragende interdisziplinäre wissenschaftliche Arbeitsmöglichkeiten. Wir arbeiten an der Universität Siegen im Verbund mit den Lehrstühlen der Werkstofftechnik, der Mechanik, der Produktionstechnik und der Fahrzeugtechnik. Dort übernimmt der Lehrstuhl eine wichtige Brückenfunktion zwischen der angewandten Fahrzeug- und der grundlagenorientierten Werkstofftechnik.

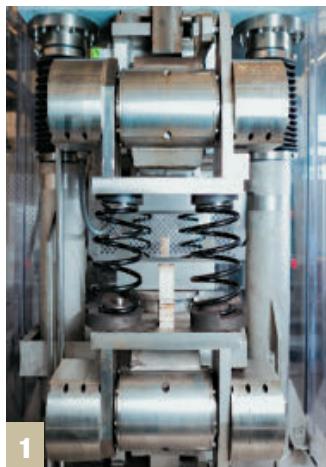
Seit Beginn übernimmt der neue Lehrstuhl Lehraufgaben im Pflicht- und Wahlpflichtbereich des neu geschaffenen Studiengangs MatWerk sowie des Studiengangs Maschinenbau.

Das Lehrprofil des Lehrstuhls soll mit einem stetig wachsenden Vorlesungsprogramm zu den grundlegenden und aktuellen Themen der Werkstoffsysteme und des Fahrzeugleichtbaus in den Pflicht- und Wahlpflichtbereichen der Studiengänge Maschinenbau, Fahrzeugtechnik und MatWerk geschärft werden.

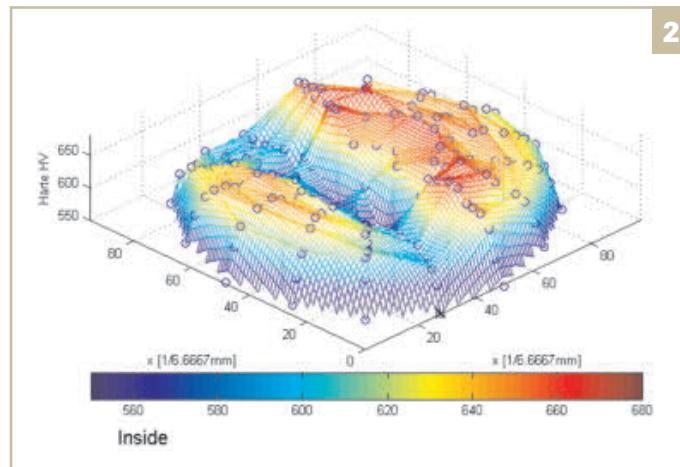
Im Zentrum der Forschung stehen Werkstoffsysteme und -kombinationen, z.B. Stahl-Leichtmetall-Faserverbundwerkstoff, zusammen mit „Tailored Properties“, d.h. maßgeschneiderten Eigenschaften, die im Hinblick auf Gewichts- und Kosteneinsparung für den Fahrzeubau attraktiv sind. Die Forschungsschwerpunkte sind

- (1) der Leichtbau mit metallischen Werkstoffen, insbesondere hochfeste Stähle,
- (2) der Leichtbau durch Einsatz funktionsoptimierter Werkstoffeigenschaften, sogenannter „Tailored Properties“, und
- (3) der Leichtbau durch Einsatz von Kunststoffen, insbesondere Faserverbundkunststoffe, sowie hybrider Bauteile.

Im Forschungsschwerpunkt (1) ist die Entwicklung der hochfesten Stähle für den Einsatz im Fahrzeubau noch nicht abgeschlossen und weitere Leichtbau-potenziale zu akzeptablen Kosten können hier eröffnet werden. Der Einsatz hochfester Stähle wirft aber Fragen auf, deren Beantwortung weiterhin intensive Forschung benötigt, z.B. die Fragen zur Ermüdungsfestigkeit von Federstählen unter Korrosion. Das Thema funktionsoptimierte Werkstoffeigenschaften



1



2

**Abbildung 1:** Servohydraulische Prüfmaschine für Schraubendruckfedern.

**Abbildung 2:** Mikrohärteprofil im Querschnitt eines Federdrahts einer Schraubendruckfeder für Automobile.

wird im Forschungsschwerpunkt (2) behandelt. Neben den optimierten Bauteilabmessungen durch das Fügen von Bändern unterschiedlicher Dicken („Tailored welded“) oder das flexible Walzen („Tailored rolled“) von Bändern sollen hier auch Bauteile mit anwendungsoptimierten Eigenschaften erforscht werden. So können durch den Einsatz von „Gradientenwerkstoffen aus Stahl“ für das Fahrwerk und den Antriebsstrang hochbeanspruchte Bauteile bei gleicher Funktion durch Einsatz von weniger Material dargestellt werden. Die Erkenntnisse und Erfahrungen für den Leichtbau mit homogenen Werkstoffen sind allerdings nicht oder nur eingeschränkt nutzbar, so dass ein aktueller Forschungsbedarf zur Erschließung des vollen Potentials der funktional und mikrostrukturell graduierten Werkstoffe besteht. Die Grundlagen zur Herstellung und Dimensionierung dynamisch beanspruchter Bauteile in einer Multi-Material-Bauweise für Fahrzeuge sollen im Forschungsschwerpunkt (3) erarbeitet werden. Besonderes Augenmerk möchten wir hier auf die Gestaltung der Verbindung zwischen faserverstärktem Kunststoff und metallischen Werkstoffen legen.

Mit diesem Forschungsprofil unterstützt der noch junge Lehrstuhl mit aktuell 5 wissenschaftlichen und technischen Mitarbeitern sowie 3 externen Doktoranden die Werkstoffentwicklung für den Fahrzeuggleichtbau in idealer Weise. Für die kommenden Jahre ist ein kontinuierlicher Ausbau unseres Forschungs- und Leistungsangebotes geplant. Wir möchten uns besonders in den Forschungsfeldern Analytik und Prüfung von Werkstoffen und Bauteilen etablieren. Darüber hinaus soll das Werkstoff- und Bauteilverständnis durch Modellbildung und Simulation vertieft werden. Dazu soll für unser Labor die Möglichkeit der Röntgenfeinstrukturanalyse



3

**Abbildung 3:** Mitglieder des Lehrstuhls für Werkstoffsysteme für den Fahrzeuggleichtbau im Januar 2015.

zur Messung von Eigenspannungen und zur Texturanalyse geschaffen werden. Kürzlich ist deshalb ein Antrag zur Beschaffung eines modernen Röntgendiffraktometers gestellt worden. Zudem ist ein weiterer Antrag zur Anschaffung eines servohydraulischen Prüfstands für dynamische Bauteilprüfungen unter Umwelteinflüssen in Vorbereitung.

Der Lehrstuhl ist seit seiner Gründung der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde (DGM) eng verbunden. Ziel ist es, das DGM Fortbildungsprogramm mit eigenen attraktiven Veranstaltungen zum Fahrzeuggleichtbau in Zukunft zu ergänzen.

Informationen zum Lehrstuhl Werkstoffsysteme für den Fahrzeuggleichtbau finden sie unter: [www.mb.uni-siegen.de/lwf/](http://www.mb.uni-siegen.de/lwf/).

## » Lehrstuhl für Oberflächen- und Werkstofftechnologie (Universität Siegen) «

*Bezüglich der allgemeinen Historie der Universität Siegen sei auf die einleitenden Worte des Lehrstuhls für Materialkunde und Werkstoffprüfung der Universität Siegen verwiesen. Das Institut für Werkstoffkunde wurde, wie ebenfalls dort beschrieben, an der staatlichen Ingenieurschule Siegen bereits Anfang der 70er Jahre gegründet und konnte 1981 in die neuen Räumlichkeiten der heutigen Universität Siegen umziehen. Damit war es möglich, Prüfeinrichtungen und Labore nachhaltig aufzubauen. Im Jahre 1990 gründete Herr Prof. em. Dr.-Ing. Dr. h.c. Horst Weiß im Rahmen dieses Institutes das Labor für Oberflächentechnik, welches nach Übernahme der Professur durch Herrn Prof. Dr. rer. nat. habil. Xin Jiang im Jahre 2003 in den Lehrstuhl für Oberflächen- und Werkstofftechnologie überführt wurde.*



*Prof. Dr. rer. nat. habil. Xin Jiang,  
Inhaber des Lehrstuhls für  
Oberflächen- und Werkstofftechnologie  
der Universität Siegen.*

**B**asierend auf der Übernahme konnte die Bandbreite an zur Verfügung stehender Technologie der Oberflächenbeschichtung und -charakterisierung noch einmal deutlich erweitert werden. Der Ausbau an personeller und apparativer Ausstattung wurde darauf bis zum heutigen Tage konsequent und sehr erfolgreich weiter verfolgt, so dass der Lehrstuhl ein sehr fruchtbare interdisziplinäres Umfeld für Forschung im Bereich der Oberflächen- und Werkstofftechnologie bietet.

Der Lehrstuhl für Oberflächen- und Werkstofftechnologie bildet zusammen mit dem Lehrstuhl für Materialkunde und Werkstoffprüfung und dem im Jahr 2013 gegründeten Lehrstuhl für Werkstoffsysteme für den Fahrzeugleichtbau das heutige Institut für Werkstofftechnik des Departments Maschinenbau der Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät der Universität Siegen. Dadurch dass der Lehrstuhl einen Schwerpunkt seiner Arbeiten auf den Bereich der Materialsynthese setzt, haben sich natürliche Schnittmengen innerhalb der Naturwissenschaftlichen-Technischen Fakultät in den Disziplinen Chemie und Physik ausgebildet, welche die Grundlage für eine Reihe von sehr erfolgreichen Kollaborationen bilden.

Die zentralen Themenstellungen, die am Lehrstuhl für Oberflächen- und Werkstofftechnologie bearbeitet werden, beziehen sich auf das Verständnis der

Zusammenhänge zwischen der Mikro-/Nanostruktur von Oberflächen sowie Materialien allgemein, Oberflächenbeschichtungen, Randschichten und Grenzflächen auf der einen Seite und ihren technisch nutzbaren Eigenschaften und Möglichkeiten auf der anderen Seite. Prinzipiell lassen sich die wissenschaftlichen Anstrengungen des Lehrstuhls hierbei in vier Forschungsschwerpunkten zusammenfassen: Plasma-Beschichtung und Oberflächentechnik, Nanomaterialien und Nanotechnologie, die Überführung der erstgenannten beiden Schwerpunkte hin zur industriellen Anwendung sowie Werkstoffanalytik. Einige Aspekte dieser Arbeiten sollen im Folgenden etwas näher vorgestellt werden.

Der Bereich Plasma-Beschichtung und -Oberflächentechnik ist am Lehrstuhl sehr gut ausgestattet. Hierbei stehen neben chemischer und galvanischer Abscheidung auch die physikalische Gasphasenabscheidung (*physical vapor deposition (PVD)*) sowie die chemische Gasphasenabscheidung (*chemical vapor deposition (CVD)*) zur Verfügung. Allgemeines Ziel der Arbeiten hier ist es, eine kontrollierte Abscheidung von Schichten und Schichtsystemen mit spezifischen mechanischen, tribologischen, elektrischen, optischen, chemischen und biologischen Eigenschaften sowie Eigenschaftskombinationen zu erreichen. Aktuelle Schwerpunkte der Arbeiten in diesem Bereich stellen die Abscheidung polykristalliner Diamant-, Diamant/Karbid-Komposit-

sowie kubischer Bornnitridschichten im Mikrowellenplasma sowie die Abscheidung leitfähiger Oxid- und oxidischer Barriereschichten auf Glas- und Polymersubstraten mittels Magnetron-Sputterns dar. Seit Kurzem wird das Magnetron-Sputter-Verfahren am LOT ebenfalls dazu genutzt, um die Option von Beschichtungen, welche eine niedrige Sekundär-

schöne Ergebnisse im Bereich der Energie- und Umwelttechnik (Biomassevergasung) erzielt.

Ein hoher Anteil der am Lehrstuhl für Oberflächen- und Werkstofftechnologie bearbeiteten Forschungsvorhaben bewegt sich im Bereich der Grundlagenforschung. Hierbei werden die zumeist stark inter-



elektronen-Emission aufweisen, im Rahmen von Elektronenquellen zu evaluieren.

Nanostrukturierte Werkstoffe gewinnen in der heutigen Zeit zunehmend an Bedeutung, da sie aufgrund ihrer Eigenschaften im Vergleich zu den herkömmlichen Werkstoffen völlig neue Anwendungsgebiete eröffnen. Neben den oben bereits genannten nanostrukturierten Diamantschichten und Nano-Diamant/Karbid ( $\beta$ -SiC, TiC, CrC und WC)-Kompositen, werden in diesem Zusammenhang am Lehrstuhl auch Komposite untersucht, in welchen verschiedene kohlenstoffbasierte Nanostrukturen in eine Matrix (Polymer, Baustoffe u.a.) eingebracht werden, um deren mechanische und auch elektrische Eigenschaften gezielt zu verändern. Die Synthese dieser kohlenstoffbasierten Nanostrukturen selbst wie auch verschiedener anderer Nanostrukturen mittels CVD Verfahren stellt ein weiteres Feld des Forschungsschwerpunktes „Nanomaterialien und Nanotechnologie“ dar. Vornehmlich beschäftigt sich die Arbeitsgruppe hierbei mit der Herstellung von speziellen, neuartigen kohlenstoffbasierten Nanostrukturen, wie zum Beispiel Nanographitkegel (tubular graphite cones (TGCs)) und Kohlenstoff-Nano-Helix-Strukturen (carbon-nano-helices (CNHs)). Diese bieten, neben ihrem Einsatz in oben genannten Kompositen, eine Vielzahl weiterer denkbarer Anwendungsmöglichkeiten, z.B. als Sensoren, Solar-Absorber oder aber katalytisch aktiver Oberflächen. Insbesondere in letzterem Bereich wurden aktuell am Lehrstuhl mit Hilfe von nicht-kohlenstoffbasierten Nanostrukturen sehr



disziplinär ausgerichteten Forschungsvorhaben im Rahmen von Einzelvorhaben, Verbundprojekten oder innerhalb von Schwerpunktprogrammen bearbeitet. Im Bereich der funktionalen Beschichtungen werden aktuell im Verbund „Hochbrilliante photoinduzierte Hochfrequenz-Elektronenquellen“ in Zusammenarbeit mit den Helmholtz-Zentren Berlin und Dresden-Rossendorf, dem DESY sowie CERN und weiteren Partnern Beschichtungen entwickelt, die sowohl mechanisch stabil als auch in der Lage sind, den sogenannten multipacting Effekt zu unterdrücken. Hierbei handelt es sich um Schichtmaterialien mit minimaler Sekundärelektronen-Emission. Als Beispiel für Aktivitäten im Bereich von Schwerpunktprogrammen ist die langjährige Arbeit im Rahmen des SPP 1486 „Partikel im Kontakt“ zu nennen. Ziel der Studien am Lehrstuhl ist es hier, das mechanische und tribologische Verhalten individueller mikroskaliger Partikel quantitativ erfassbar zu machen und diese Daten für entsprechende Simulationen bereit zu stellen. Neben diesen vornehmlich nationalen Vorhaben unterhält der Lehrstuhl ausgezeichnete und langjährige Beziehungen zur chinesischen Akademie der Wissenschaften (Chinese Academy of Sciences (CAS)) und hier im Besonderen zum Institute of Metals Research (IMR) in Shenyang, mit dem bereits eine Vielzahl an gemeinsamen Forschungsvorhaben bearbeitet wurde.

Herr Prof. Dr. rer. nat. habil. Xin Jiang ist als Leiter des Lehrstuhls für Oberflächen- und Werkstofftechnologie der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde (DGM) eng verbunden.

**Abbildung 1:** Arbeiten in einem der Beschichtungslabore des Lehrstuhls.

**Abbildung 2:** Mitglieder des Lehrstuhls für Oberflächen- und Werkstofftechnologie.



**Abbildung 3:** Nadelförmige  $\text{Ni}_3\text{TiO}_7$ -Nanokristalle.

■ Informationen zum Lehrstuhl für Oberflächen- und Werkstofftechnologie finden Sie unter: <http://www.mb.uni-siegen.de/lot/>.

# » HAL (Hydro Aluminium Rolled Products GmbH) F&E Bonn «

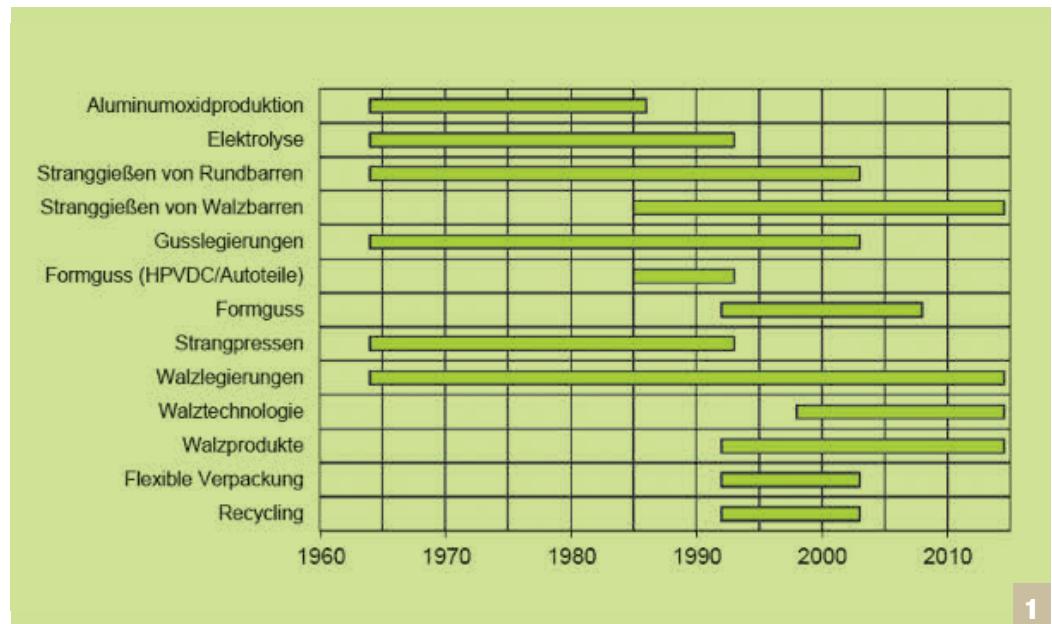


Abbildung 1: Wesentliche F&E-Arbeitsbereiche.

1

Der F&E-Standort in Bonn ist der Partner für die Hydro Aluminium Business Units (BUS) entlang der Prozesskette des Walzens, beginnend mit dem Stranggießen von Walzbarren, auf den Gebieten

- Forschung und Entwicklung,
- Technischer Service,
- Aus- und Weiterbildung.

Die mit den operativen Einheiten vereinbarten Aufgaben werden durch ein effizientes Projektmanagement ausgeführt, das ständig weiterentwickelt wird. Dabei kooperiert die F&E in Bonn auch mit den anderen Hydro F&E-Standorten zur Nutzung der vorhandenen Kompetenzen und mit ausgewählten Universitäten zur Erweiterung der Wissensbasis. Einen hohen Stellenwert hat auch die Weiterbildung der Wissenschaftler und der Mitarbeiter in den Labors. Enge Kontakte zu den Kunden und der Einsatz vor Ort garantieren die fachgerechte und praxisnahe Bearbeitung der Aufträge.

Die F&E Bonn dient als Nachwuchsreservoir für die BUS und bildet dementsprechend ihre Mitarbeiter auch für gegenwärtige und zukünftige Aufgaben in den operativen Einheiten der Hydro aus.

Die F&E Bonn versteht sich als Vordenker hinsichtlich zukünftiger Entwicklungsrichtungen bei Produkten und Prozessen sowie modernen Entwicklungsmethoden. Entsprechend baut die F&E auch neue Kompetenzen auf.

## F&E Bereiche

### Forschungsabteilungen

- Entwicklung und Optimierung von Produkten und Prozessen zum Erhalt existierender und zur Erschließung neuer Märkte
- Unterstützung der operativen Einheiten zur Verbesserung der Produktivität der Prozesse und der Qualität der Produkte

### Service Center

- Unterstützung der Projektarbeit durch das Erbringen erstklassiger Labor-Dienstleistungen

### Business Center

- Erhalt der für F&E strategisch wichtigen Großlabors durch Fertigung von Spezialprodukten
- Kostenbeitrag zum Erhalt des Standortes Bonn

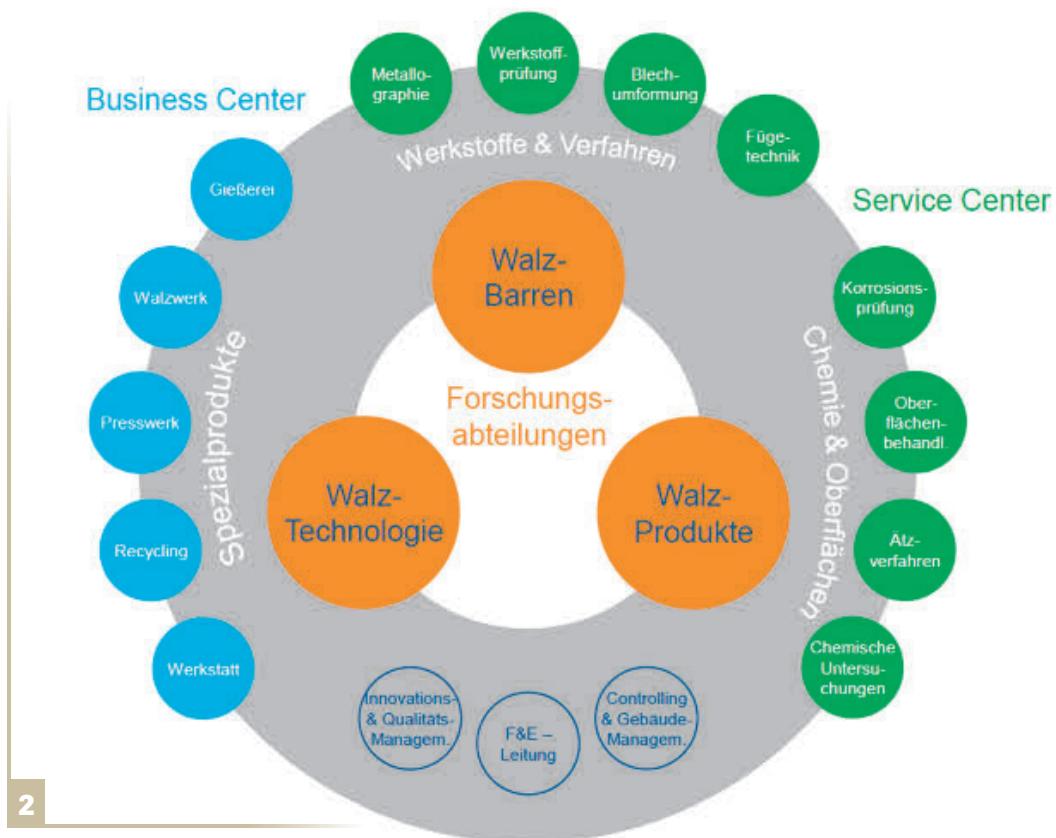


Abbildung 2: Übersicht  
der F&E-Bereiche der HAL Bonn.

Die Service Center der F&E Bonn sorgen ständig für eine bedarfsgerechte technische und personelle Kompetenz durch eine sorg-fältige Investitions- und Personalpolitik sowie für eine flexible Verfügbarkeit ihrer Mitarbeiter.

Das Business Center der F&E Bonn stellt eine umfangreiche Fertigungstechnologie für Aluminium Halbzeuge dar und umfasst eine Barren/Bolzen (DC) Gießerei, 2 Strangpressen, 2 Walzen, Fräsen, div. Glühänlagen, eine gut ausgestattete Werkstatt:

#### Geschichte des Hydro F&E-Zentrums in Bonn

- **Gründung:** 1. Januar 1964
- **Name:** LFI (Leichtmetall-Forschungsinstitut)
- **Ursprung:** F&E-Abteilungen von VAW und VLW
- **1. F&E-Leiter:** Professor Dr.-Ing. Hans Ginsberg (1964–1966)
- **Vereinigte Kompetenzen:**
- **VAW:** Aluminiumoxid, Elektrolysetechnologie, Kohlenstofftechnologie, Chemie, Physik
- **VLW:** Stranggießen, Werkstoffwissenschaft, Werkstoffprüfung, Metallographie, Oberflächentechnologie, Korrosion
- **Seit 2002:** Bestandteil von Hydro Aluminium R&D

#### Aktuelle F&E Aktivitäten an und mit Hochschulen

- Vorlesungen inkl. Praktika über Al-Technologie als Vertiefungsfach (Bachelor/Master) an der RWTH Aachen. Inhalte:
  - Angewandte Metallkunde des Aluminiums
  - Metallurgie der Al-Halbzeugfertigung
  - Al-Weiterverarbeitung
  - Al-Recycling
  - Praktika und Exkursion (AluNorf)
- Bereitstellung von Praktikumsplätzen (circa 15 bis 20 Praktikanten pro Jahr)
- Durchführung von Diplom-, Master-, Bachelor- und Studienarbeiten (ausgewählt)
- Begutachtung von Doktorarbeiten
- Unterstützung von Exkursionen
- Vorträge im Rahmen von Seminaren an verschiedenen Universitäten und Fachhochschulen
- Vergabe von Promotionsstipendien
- Mitarbeit im **AMAP** Cluster (Advanced Metals and Processes) der RWTH Aachen

## » Carbolite Gero – Laboröfen und Industrieöfen bis 3000 °C «

**CARBOLITE GERO** ist ein führender Hersteller von Hochtemperaturöfen von 30 °C bis 3000 °C mit einem Schwerpunkt im Bereich Vakuum, Schutzgas und reaktiver Atmosphäre. Mit mehr als 100 Jahren Erfahrung in der Hochtemperaturtechnologie entwickelt Carbolite Gero Öfen, die weltweit in Forschung, Technikum und Fertigung eingesetzt werden. Zum Produktprogramm gehören Standard-Rohröfen, auch aufklappbare Versionen, sowie Sonderanfertigungen für die Untersuchung des Langzeitverhaltens von Werkstoffen bei höheren Temperaturen.

### Rohröfen und Klapprohröfen für Zeitstandprüfungen bis 1700 °C

Rohröfen liefern ein hohes Maß an Temperaturhomogenität. Zur Glättung und Verlängerung der homogenen Zone sind Dreizonen-Modelle eine gute Wahl. Für Zug- und Druckprüfungen, bei denen der Ofen zur Beheizung des Probenkörpers in einer Halterung um diesen herum gelegt werden muss, sind Klapprohröfen bestens geeignet.

Die klappbaren vertikalen Modellreihen VST (einzonig) und TVS (dreizonig) haben freistrahlende, in Faserkeramik eingebettete Widerstandsdrähteheizelemente. Zwei standardmäßige Ausführungen „Near-Hinge“ und „Far-Hinge“ erlauben ein optimales Anordnen des Ofens um die Prüflinge. Eine Sonderausführung ist z. B. ein Slot in der Mitte einer der aufklappbaren Hälften zur Messung der Längenausdehnung.

Für Zugversuche wurden modifizierte 3-zonige Klapprohröfen mit einem Extensometerzugang von 120 mm Höhe und 10 mm Breite ausgestattet oder mit Quarzglas-Sichtfenstern in beiden Ofenhälften, welche die Beobachtung mit einer Kamera oder eine optische Längenmessung der Probe ermöglichen.

Vertikale Hochtemperatur-Klapprohröfen HTRV-A mit Molybdändisilizid-Heizelementen, welche im Inneren des Ofens hängend angeordnet sind, erreichen Temperaturen bis 1700 °C und sind für Zugversuche an keramischen Materialien geeignet.



Nicht aufklappbare Rohröfen werden für Langzeitversuche bis zu Jahren verwendet. Dazu gehören die Varianten der Großraum-Rohröfen GHA und 3-Zonen Rohröfen GHC, welche ebenfalls mit Widerstandsdrähteheizelementen eingebettet in hochwertige Faserisolierung für Temperaturen bis 1200 °C zur Verfügung stehen.

Ein Beispiel für Untersuchungen zur Langzeitoxidation von Werkstoffen zeigt die Abbildung von vier horizontalen Modul-Rohröfen GHA

12/450 in einem platzsparenden Regalsystem mit integrierter Steuerung.

### KONTAKT

**Carbolite Gero GmbH & Co. KG**  
Hesselbachstraße 15  
D-75242 Neuhausen  
Tel.: +49 7234 95220  
[info@carbolite-gero.de](mailto:info@carbolite-gero.de)  
[www.carbolite-gero.de](http://www.carbolite-gero.de)

## Klapprohröfen bis 1700 °C

**CARBOLITE**  
GERO **30-3000 °C**

part of **VERDER**  
scientific



Typische Anwendungen für Klapprohröfen:

- Zeitstandprüfungen
- Zug- und Druckprüfungen
- Langzeitoxidationen
- Korrosionsversuche



[www.carbolite-gero.de](http://www.carbolite-gero.de)

# Elektronenmikroskopie

Probenvorbereitung und Messung –  
wir haben das passende Zubehör



- Hochauflösende Desktop-REM mit EDX
- Sputter Coater und Kohlebeschichter
- Kryopräparations-Systeme
- In-situ-Probentische für TEM/REM/ $\mu$ XCT
- Detektoren und Zubehör
- TEM-Kameras

**lot-qd.com**

