



MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT

<b>Forschungs-Highlights</b>	
Abteilung Rühle/Dosch	S. 1
Abteilung Schütz	S. 3
Nachwuchsgruppe Gräter	S. 4
Abteilung Spatz	S. 7
<b>Namen &amp; Nachrichten</b>	
Gremien neu besetzt	S. 2
Preise und Ehrungen	S. 4
Günter Petzow Preis 2009	S. 5
Neue Nachwuchsgruppe Garcia	S. 8
<b>Veranstaltungen</b>	
Insel Mainau I (2009)	S. 6
Insel Mainau II (2010)	S. 6
<b>Termine</b>	S. 5

Nr.  
8

# FOCUS on Materials

MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR METALLFORSCHUNG STUTTGART

## Ordnung in der Unordnung

Forscher der Abteilung „Niederdimensionale und Metastabile Materialien“ entdecken verborgene Symmetrien mittels der Röntgen-„Speckle“-Kreuzkorrelationsanalyse

Viele, auch in der Natur vorkommende, Materialien sind ungeordnet. Beispielsweise sind hier Gläser und Flüssigkeiten genannt. Diese Materialien besitzen keine Translationsymmetrie mit langer Weichreite, sie sind aber in der Lage, an verschiedenen Orten gleichzeitig unterschiedliche lokale Symmetrien anzunehmen. Dazu gehört auch die in periodischen Strukturen verbotene ikosaedrische Nahordnung. Seit vielen Jahrzehnten hat diese mysteriöse und bisher experimentell

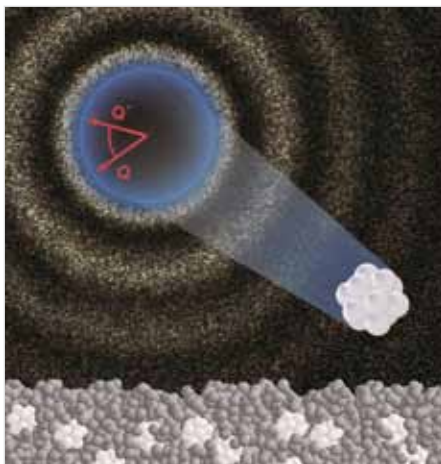


Abb. 1: Schematische Darstellung der Röntgen-„Speckle“-Kreuzkorrelationsanalyse und wie sie geordnete Strukturen in der „Unordnung“ beschreibt.

nicht zugängliche lokale Ordnung innerhalb der Unordnung Wissenschaftler fasziniert, da sie für viele Eigenschaften der Materialien, so z.B. für den Glaszustand und für die Unterkühlung von Flüssigkeiten, verantwortlich gemacht wird.

Forscher der Abteilung „Niederdimensionale und Metastabile Materialien“ (ehemalige Abteilung von Prof. Dosch) und ihre Kollegen vom Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY, Hamburg) und der European Synchrotron Radiation Facility (ESRF, Grenoble) haben einen Weg gefunden, die lokale Ordnung quantitativ zu charakterisieren. Wie bei einer Blitzlichtaufnahme haben sie einen kohärenten Röntgenstrahl an den momentanen Positionen aller Teilchen der ungeordneten Probe gestreut. Das stark getüpfelte Beugungsbild („Speckle“) ist der Fingerabdruck der lokalen Unordnung (Abb. 2). Mit konventionellen Beugungsmethoden ist er nicht sichtbar, da sie nur orientierungsgemittelte Informationen liefern (Abb. 3a). Durch Auswertung der so erhaltenen „Speckle“-Muster mit Hilfe einer neu eingeführten 4-Punkt-korrelationsfunktion  $C_Q(\Delta)$  haben die Wissenschaftler die bevorzugten Orientierungen der Bindungen zwischen den

## Liebe Leserinnen und Leser,

Das Max-Planck-Institut für Metallforschung hat sich in den letzten 30 Jahren von der Untersuchung von grundlegenden Phänomenen in Metallen zu einem breit aufgestellten materialwissenschaftlichen Institut entwickelt. Heute interessiert die Wissenschaftler unter anderem, wie Funktionen von Materialien auf der atomaren, nanoskopischen und mikroskopischen Längenskala ihr makroskopisches Verhalten bestimmen. Das Verständnis der Prozesse an den Grenzen zweier Materialien könnte helfen, Werkstoffen gezielte Eigenschaften zu geben.

Die in dieser Ausgabe von *Focus on Materials* geschilderten Forschungsaktivitäten der verschiedenen Abteilungen und Gruppen verdeutlichen einmal mehr das breite Spektrum an hochinteressanter und erfolgreicher Materialwissenschaft am MPI für Metallforschung. Lesen Sie nach!

Mit besten Grüßen aus Bismarck,

*Joachim Spatz*

Prof. Dr. Joachim Spatz  
Kommissarischer Leiter

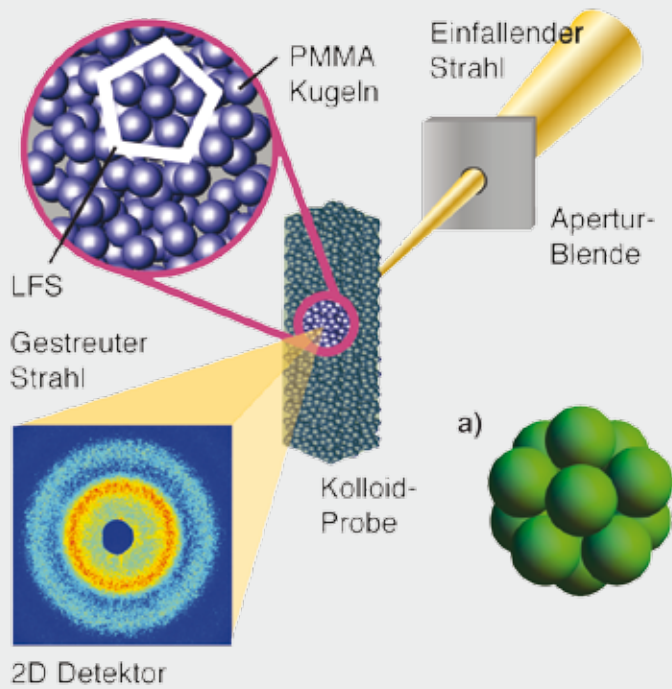


Abb. 2: Skizze des experimentellen Aufbaus, bei dem im Fernfeld ein „Speckle“-Beugungsbild durch Beleuchtung einer ungeordneten Probe mit kohärenter Röntgenstrahlung erzeugt wird. a) veranschaulicht die ikosaedrische Symmetrie.

Abb. 3 a: Winkelgemittelter Strukturfaktor, welcher die gewöhnliche radiale Intensitätsverteilung darstellt.

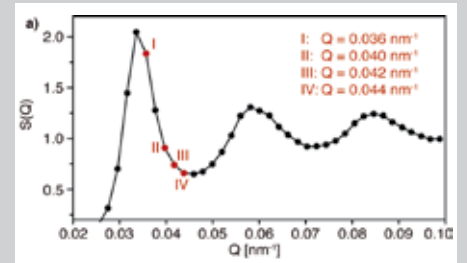
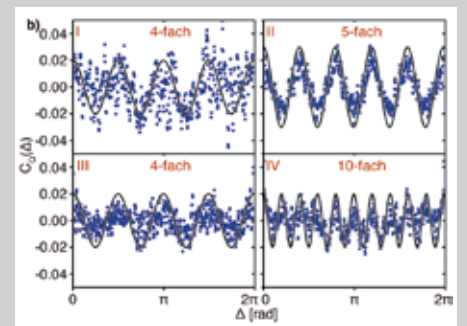


Abb. 3 b: Experimentelles Ergebnis nach Anwendung des Kreuzkorrelators  $C_Q(\Delta)$  auf die Messdaten bei verschiedenen Q Werten [siehe a)]. Die durchgezogenen Linien dienen der Veranschaulichung.



P. Wochner, C. Gutt, T. Autenrieth, T. Demmer, V.N. Bugaev, A. Díaz Ortiz, A. Duri, F. Zontone, G. Grübel and H. Dosch  
**X-ray cross correlation analysis uncovers hidden local symmetries in disordered matter**  
 Proc. Natl. Acad. Sci. **106**, 11511-11514 (2009).  
 (Online: <http://www.pnas.org/content/106/28/11511.full>)

untersuchten Teilchen nachgewiesen. In einer Modellstudie wurden hochkonzentrierte, glasartige Suspensionen von sterisch stabilisierten PMMA Teilchen (Polymethylmethacrylat, umgangssprachlich *Acrylglas*, *Plexiglas*<sup>®</sup>) mit einem mittleren Durchmesser von 0.1  $\mu\text{m}$  untersucht. Am faszinierendsten ist die Beobachtung, dass die Korrelationsfunktion  $C_Q(\Delta)$  (Abb. 3b) offensichtlich eine sehr ausgeprägte Anisotropie mit 5-zähliger Symmetrie aufweist, welche auf eine bisher verborgene lokale Symmetrie des kolloidalen Systems hinweist. Das daraus entstehende Bild zeigt ein permanentes Umorganisieren ikosaedrisch geordneter Cluster. Sie bilden sich entweder aus nanokristalliner Umgebung oder aus kompletter Unordnung

heraus, wobei all dies ein Aufbrechen und Neubilden von Bindungen erfordert.

Offensichtlich kann aus solchen Experimenten eine Fülle von neuen Informationen über die Kinetik und den Ursprung des Glasübergangs gewonnen werden. Der Zugang zu kurzpulsiger XFEL-Strahlung im Bereich von 0.1 Nanometer (nm) und mit Pulslängen kleiner 100 Femtosekunden (fs) eröffnet die Perspektive, die lokale Struktur von Flüssigkeiten (insbesondere von Wasser) aus „Speckle“-Beugungsbildern von einzelnen Laserschüssen durch Anwendung dieses neuen Konzepts der Röntgen-Kreuzkorrelationsanalyse (XCCA) zu ermitteln.

Kontakt: [wochner@mf.mpg.de](mailto:wochner@mf.mpg.de)

NAMEN & NACHRICHTEN

## Gremien neu besetzt

Zwei wichtige Gremien, der Fachbeirat und das Kuratorium, begleiten, beraten und unterstützen unser Institut. Beide haben sich im Jahr 2009 neu konstituiert.

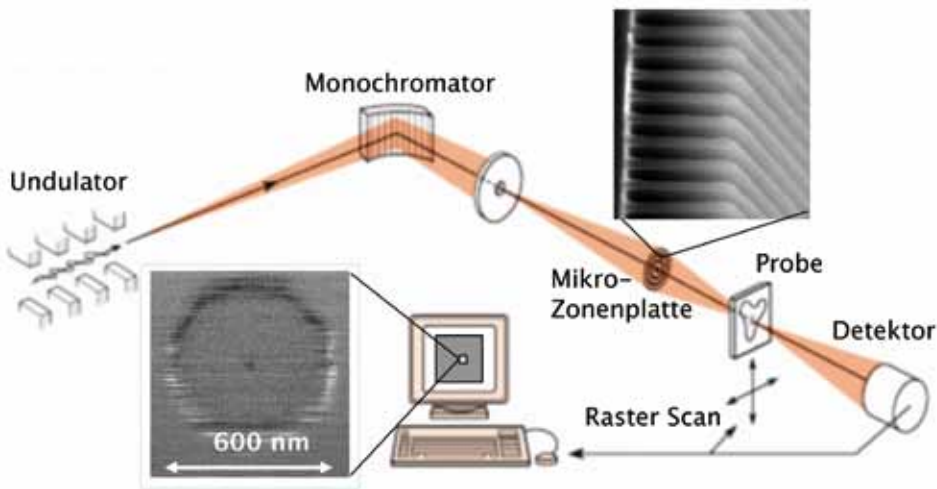
Der unabhängige Fachbeirat ist das Kernstück der Begutachtung (Evaluation), dem sich die Max-Planck-Institute regelmäßig unterziehen, um die hohe Qualität und Produktivität ihrer Arbeit langfristig zu sichern. Er setzt sich zusammen aus Experten der Materialwissenschaft aus aller Welt; sie werden vom Präsidenten der Max-Planck-Gesellschaft für eine Amtszeit

von sechs Jahren berufen. Die elf Mitglieder des wissenschaftlichen Fachbeirats haben Ende Oktober letzten Jahres in ihrer aktuellen Zusammensetzung zum ersten Mal getagt; neuer Vorsitzender ist Prof. Dr. Itamar Willner von der Hebrew University in Jerusalem, Israel. Die Namen der aktuellen Fachbeiratsmitglieder finden Sie auf unserer Homepage unter Institut > Organisation > Gremien > Fachbeirat.

Das Kuratorium schlägt die Brücke zwischen Forschung und Industrie, Gesellschaft und Politik. Ihm gehören namhafte

Persönlichkeiten aus diesen Bereichen an, einige davon Ehemalige des Instituts. Im Herbst 2009 konstituierte sich unser Kuratorium neu und startete mit seinen nunmehr 17 Mitgliedern in die aktuelle, fünfjährige Amtszeit. Wie schon in der vorhergehenden Amtsperiode übernimmt Professor Winfried Huppmann aus Liechtenstein abermals den Vorsitz. Die weiteren Namen finden Sie ebenfalls auf unserer Homepage unter Institut > Organisation > Gremien > Kuratorium. Das Institut dankt den Gremienmitgliedern für ihre wertvolle Unterstützung!

## Rasterröntgenmikroskop



Das Prinzip des Röntgenmikroskops: Die hochintensive und polarisierte Undulatorstrahlung wird monochromatisiert, mittels einer Zonenplatte auf die Probe fokussiert und die transmittierte Strahlintensität mit einem Detektorsystem gemessen. Die Zonenplatte besteht aus konzentrischen Ringen mit Dicken bis zu etwa 20 nm, die bestimmte Bereiche der einfallenden Strahlung absorbieren. Das erforderliche große Aspektverhältnis (Abb. rechts oben) ist eine hohe Herausforderung für die Herstellung mittels Elektronenstrahlithographie. Unter Verwendung von zirkular polarisierter Strahlung können 10 nm kleine magnetische Strukturen wie ein magnetischer Vortexkern (Abb. links unten) mit gutem Kontrast aufgelöst werden.

## Röntgendurchblick bei Nanostrukturen

Das derzeit modernste Rasterröntgenmikroskop wurde im November 2009 von Wissenschaftlern des Instituts am Helmholtz-Zentrum Berlin eingeweiht

Optische und Elektronenmikroskope gehören heutzutage zur Standardausrüstung in weiten Bereichen der modernen Forschung und passen bequem in ein normales Labor. Dagegen sind Röntgenmikroskope, die an Großforschungseinrichtungen, den Synchrotronlabors, zu finden sind, und von denen es etwa ein knappes Dutzend weltweit gibt, weit weniger bekannt. Ein solches Gerät mit Namen MAXYMUS (MAGnetic X-raY Microscope with UHV Spectroscopy) wurde vom Max-Planck-Institut für Metallforschung mit der Firma Bruker ASC und dem Helmholtz-Zentrum Berlin entwickelt. Es hat seit Mitte letzten Jahres am Speicherring BESSY II in Berlin seinen Betrieb erfolgreich aufgenommen.

Man nutzt hier die hochkollimierte und hoch intensive Synchrotronstrahlung im kurzwelligen Röntgenbereich und fokussiert sie mit einer Mikrolinse, die auf dem Fresnelschen Zonenplattenprinzip beruht, auf die röntgentransparente Probe. Die Auflösung des Systems ist durch die Breite des äußersten konzentrischen Rings der Zonenplattenstruktur gegeben, die mit Elektronenlithographie hergestellt ist, und beträgt derzeit 15 nm. Weltweit gibt es eine Reihe von Ansätzen, diesen

Wert bis hin zur Wellenlängen begrenzten Auflösung zu treiben. Eine weitere großartige Möglichkeit räumliche mit zeitlicher Information und der Elementselektivität zu kombinieren, bietet die Zeitstruktur der Synchrotronstrahlung, die zeitliche Auflösungen bis zu 10 Pikosekunden erlaubt. Unter Nutzung von polarisierter Strahlung, wie sie am Synchrotron in einzigartiger Weise zur Verfügung steht, können neben morphologischen Strukturen auch Magnetisierungsverteilungen und deren Dynamik abgebildet werden.

Bei dem neuen Röntgenmikroskop des MPI für Metallforschung handelt es sich um eine weltweite Neuheit. Während bisher nur röntgentransparente Proben auf dünnen Siliziumnitridmembranen im Durchstrahlungsmodus untersucht werden konnten, erlaubt der Betrieb dieses Instrumentes im Ultrahochvakuum auch nicht transparente Systeme zu untersuchen, wodurch sich das Spektrum der Anwendungsmöglichkeiten in vielfältigen Forschungsbereichen insbesondere der Materialwissenschaft erheblich erweitert.

Kontakt: [schuetz@mf.mpg.de](mailto:schuetz@mf.mpg.de)



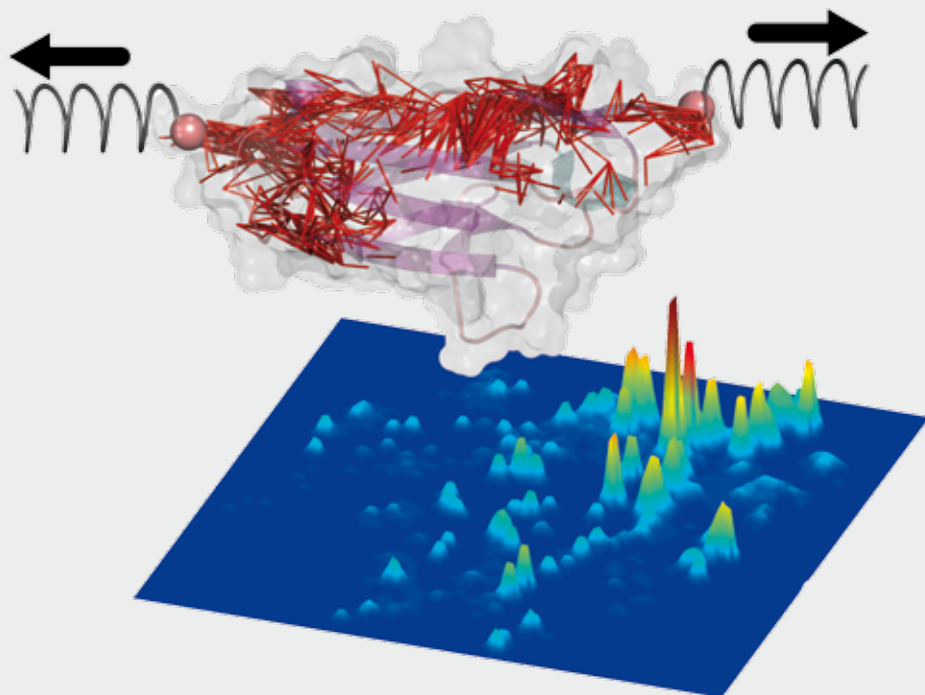
Oben: Luftaufnahme des Elektronenspeicherrings BESSY in Berlin Adlershof, das zum Helmholtz-Zentrum Berlin gehört.

Hütte des MAXYMUS am Strahlrohr eines helischen Undulators.



Inneres des MAXYMUS. Von links tritt der Strahl ein und wird mit einem Detektorsystem (rechts) gemessen.





Ein Muskelprotein wird einem Crashtest ausgesetzt: Die krafttragende Struktur in einer Immunglobulin-Domäne des Muskelproteins Titin ist in rot dargestellt. Die Federn zeigen, wo am Protein die Zugkraft angewendet wurde. Das Diagramm darunter zeigt die gleichen Daten, die Spannungsverteilung im Proteingerüst, in einer 2D-Projektion.

## Proteine im Crashtest

### Spagat zwischen Shanghai und Stuttgart

Dr. Frauke Gräter war von 2007 bis 2009 Nachwuchsgruppenleiterin am MPI für Metallforschung und am Shanghai Institute of Materia Medica. Inzwischen ist ihre Forschungsgruppe „Molecular Biomechanics“ am Heidelberger Institut für Theoretische Studien (HITS gGmbH) angesiedelt. Der folgende Text beleuchtet die interdisziplinären Forschungsaktivitäten.

Alle lebenden Organismen reagieren auf mechanische Kraft mit ausgeklügelten Mechanismen, die mechanische Signale in biochemische Antworten umwandeln und umgekehrt. Die Nachwuchsgruppe um Frauke Gräter hat sich zum Ziel gesetzt, die Prinzipien aufzudecken, die es Proteinen – den Hauptakteuren in diesem Spiel – erlaubt, auf die mechanischen Kräfte zu reagieren, wie sie in gespannten Muskelzellen und Seidenfasern oder im Scherfluss des Blutes vorkommen.

High-Performance Simulationstechniken und Modelle der Kontinuumsmechanik werden entwickelt und verwendet, um die Kraft-tragenden Strukturelemente in komplexen biologischen Materialien zu identifizieren und gezielt umzugestalten. Für die nur milliardstel Meter großen Proteine greifen Frauke Gräter und ihre Mitarbeiter dabei auf Methoden zurück, die für Objekte im Metermaßstab in der Baumechanik oder in der Autoindustrie, z. B. bei Crashtests, verwendet werden.

Dies soll langfristig helfen, Polymere zu finden, die so strapazierfähig wie Spinnenseide sind, sich aber gleichzeitig einfacher herstellen lassen.

Kontakt: [frauke.graeter@h-its.org](mailto:frauke.graeter@h-its.org)

## Preise und Ehrungen

**Prof. Dr. Eric J. Mittemeijer**, Direktor Abteilung „Phasenumwandlungen“, wird die IFHTSE Medal 2010 der International Federation for Heat Treatment and Surface Engineering zuerkannt. Die Verleihung wird Ende Juli in Rio de Janeiro, Brasilien, stattfinden.

**Prof. Dr. Manfred Rühle**, Kommissarischer Leiter der Abteilung „Niederdimensionale und metastabile Materialien“, ist in 2009 zum Ehrenmitglied des Japan Institute of Metals sowie zum Fellow in der European Academy of Sciences berufen worden.

**Dr. Theobald Lohmüller**, ehemals Abteilung „Neue Materialien und Biosysteme“, hat den Klaus Tschira Preis 2009 für verständliche Wissenschaft – KlarText! für seinen Siegerbeitrag: „Die Motte hat den Durchblick“ erhalten.

**Dr. Christoph Koch** wurde im Rahmen des Paul-Peter Ewald Kolloquiums am 17. Juli 2009 der Günter Petzow Preis 2009 verliehen. Herr Koch hat eigenständig eine neue Methode zur Ermittlung des elektrischen Potentials an inneren Grenzflächen in keramischen Werkstoffen entwickelt.

Die Otto-Hahn-Medaille ging im letzten Jahr an zwei Nachwuchswissenschaftler des Instituts: **Dr. Hendrik Hansen-Goos**, ehemals Abteilung „Theorie der Inhomogenen Kondensierten Materie“ sowie **Dr. Markus Mezger**, ehemals Abteilung „Niederdimensionale und metastabile Materialien“ wurden während der Jahreshauptversammlung der MPG im Juni 2009 damit ausgezeichnet.

**Dr. Hendrik Hansen-Goos** erhielt zudem in 2009 den Preis der Freunde der Universität Stuttgart für besondere wissenschaftliche Leistungen.

**Dr. Claudia Pacholski**, Abteilung „Neue Materialien und Biosysteme“, wurde 2009 in das WIN Kolleg der Heidelberger Akademie der Wissenschaften aufgenommen.

**Prof. Dr. M. Fähnle**, Abteilung „Moderne Magnetische Materialien“ erhielt im Juli 2009 den Preis der Fachschaft Physik der Universität Stuttgart für die beste Kursvorlesung („Theoretische Physik VI-Thermostatistik“) im vorangegangenen Wintersemester.

**Dr. Ralf Richter**, Nachwuchsgruppe „Glykobiotechnologie“ erhielt den „Ramon y Cajal“ Förderpreis des spanischen Ministeriums für Wissenschaft und Innovation.

**Dr. Sylvie Roke**, Max-Planck-Forschungsgruppe, erhielt 2009 einen der begehrten und mit 1,1 Mio. Euro dotierten Preis des European Research Council (ERC).

**Kyung Sub Jung**, Abteilung „Phasenumwandlungen“, erhielt den Young Scientist Award 2009 der European Materials Research Society.



## Günter Petzow Preis 2009 für Dr. Christoph Koch

### Neue Methode zur Ermittlung des elektrischen Potentials an inneren Grenzflächen

Seit 2005 verleiht das Institut jährlich den Günter Petzow Preis an eine/-n Nachwuchswissenschaftler/-in des Instituts für herausragende Arbeiten. Der Preisträger präsentiert in einem Vortrag beim Paul-Peter Ewald Kolloquium seine Forschungsaktivitäten und erhält ein Preisgeld von 2.000,- Euro.

Im Jahr 2009 wurde Dr. Christoph Koch, wissenschaftlicher Mitarbeiter des Stuttgarter Zentrum für Elektronenmikroskopie (StEM), mit dem Preis geehrt. Herr Koch hat sehr erfolgreich innere Grenzflächen in verschiedenen Keramiken untersucht. Dabei ist er bei seinen experimentellen Arbeiten immer an die Grenze des experimentell Möglichen gegangen. In den vergangenen drei Jahren hat Dr. Koch eigenständig eine neue Methode entwickelt, die präzise die Zeit ermittelt, die ein Elektron im Transmissionselektronenmikroskop (TEM) braucht, um eine nur wenige Nanometer dünne Probe zu durchschießen (Ultramicroscopy 108 (2008) 141). Diese Information lässt zum Beispiel Rückschlüsse auf Ladungsverteilungen und magnetische Felder in der Probe zu oder erlaubt es, das Auflösungsvermögen eines TEMs deutlich zu erhöhen. In Zusammenarbeit mit Burak Özdöl, einem Doktoranden

am StEM, konnte diese Methode auch zur präzisen Bestimmung mechanischer Verspannungen von Transistorstrukturen in Computerprozessoren der neuesten Generation bei gleichzeitig sehr hoher räumlicher Auflösung angewendet werden (Applied Physics Letters (2010) in press).

Die Leistungsfähigkeit von Brennstoffzellen wird oft durch die Ionenleitfähigkeit der darin verwendeten keramischen Membranen limitiert. Die von Dr. Koch entwickelte Methode bietet nun die notwendige Präzision, um elektrostatische Potentiale und die damit verbundenen Ladungsverteilungen an inneren Grenzflächen in diesen Materialien zu untersuchen (International Journal for Materials Research 2010/01 (2010) 43-49).

Die Anwendungen dieser Methode und der dafür entwickelten Software gehen bereits weit über die Grenzen des Instituts hinaus. So werden damit, zum Beispiel in Zusammenarbeit mit dem Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie, die elektrischen Eigenschaften von Defekten in Solarzellen oder in Kooperation mit dem Technion in Haifa intergranulare Filme an Grenzflächen zwischen Metallen und Keramiken untersucht.

*Während des 8. Paul-Peter Ewald Kolloquiums am 17. Juli 2009 verleihen Professor Günter Petzow (rechts) und Professor Joachim Spatz (links) den Günter Petzow Preis 2009 an Dr. Christoph Koch (Mitte). Ausgezeichnet wurde Dr. Koch für seine international sehr beachteten Arbeiten, mit denen er die Entwicklung einer neuen Methode zur Ermittlung des elektrischen Potentials an inneren Grenzflächen in keramischen Werkstoffen beschrieb.*

### TERMINE

montags 17:00 Uhr, im Semester  
**Materialwissenschaftliches Kolloquium**  
Werner-Köster-Hörsaal 2 R4

dienstags 17:15 Uhr, im Semester  
**Physikalisches Kolloquium**  
Uni-Stuttgart: Hörsaal V57.01,  
Pfaffenwaldring 57  
MPI-Campus: Hörsaal 2 D5

27. Mai 2010

**Max Planck Lecture 2010**  
14:00 Uhr, Hörsaal 2 R4  
Prof. Dr. Subra Suresh  
MIT, School of Engineering, USA  
„Materials Science Approaches for  
Life Sciences and Human Health“

09. Juli 2010

**Paul-Peter Ewald Kolloquium**  
13:30 Uhr, Hörsaal 2 D5  
ab 17:30 Uhr, Sommerfest im  
Garten des MPI-Campus  
Sprecher:  
Prof. Dr. Cosima Stubenrauch  
Dr. Peter Grahle  
Rudi Beer  
Dr. Claudia Pacholski  
Eine gesonderte Einladung folgt.

20. Mai – 29. Aug. 2010

**Ausstellung**  
„Entdeckungen – Energie“  
Die Ausstellung auf der Bodenseeinsel Mainau lädt Interessierte ein, sich mit dem Thema Energie auseinanderzusetzen. Das Institut ist mit dem Thema „Wasserstoff-Speicherung“ dort vertreten. Nähere Infos unter:  
[www.mainau-entdeckungen.de](http://www.mainau-entdeckungen.de)

Weitere Informationen finden Sie unter:  
[www.mf.mpg.de](http://www.mf.mpg.de) > Aktuelles/News



## Insel Mainau I

*Schöner konnten sich der Bodensee und die Insel Mainau am 03. Juli 2009 nicht präsentieren: Die Sonne stand am blauen Himmel, ein frischer Wind wehte über das Wasser. Genau das richtige Wetter für die Schifffahrt von Lindau zur Insel Mainau im Rahmen der 59. Nobelpreisträgertagung. Auf dem Schiff konnten die Gäste aus aller Welt – Nobelpreisträger und Nachwuchswissenschaftler – das Land Baden-Württemberg und dessen „Forschung in der Chemie“ kennen lernen. Auf dem vom Staatsministerium Baden-Württemberg gecharterten Schiff präsentierten sich ca. 20 Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Firmen mit ihren Forschungsaktivitäten. Lisa Maus, Lindarti Purwaningsih und Dr. Roberto Fiammengo von der Abteilung „Neue Materialien und Biosysteme“, vertraten das Institut mit Banner, dem neuesten Focus on Materials und guten Gesprächen. Vielen Dank für das Engagement!*

## Insel Mainau II

**Ausstellung „Entdeckungen – Energie“; MPI für Metallforschung präsentiert: „Das Raumwunder im Tank: MOFs als Wasserstoffspeicher“**

Im Rahmen des Wissenschaftsjahres 2010 – Die Zukunft der Energie lädt die Insel Mainau im Bodensee zur Ausstellung „Entdeckungen – Energie“ ein. Die Max-Planck-Gesellschaft präsentiert mit drei Projekten aus der Grundlagenforschung einige ihrer Aktivitäten zum Themenkreis „Energie“. Neben dem MPI für Metallforschung sind in dem Pavillon auch das Stuttgarter MPI für Festkörperforschung sowie das Mülheimer MPI für Kohlenforschung vertreten.

Aus unserem Institut stellt die Arbeitsgruppe von Dr. Michael Hirscher, Abteilung „Moderne magnetische Materialien“, ihre Forschungsaktivitäten zur Materialklasse der sogenannten MOFs zur Wasserstoffspeicherung vor. Die Entwicklung leistungsfähiger Wasserstoffspeicher, die sich für die „Spezialanwendung“ Brennstoffzelle/Wasserstoff eignen, könnten im Bereich der Mobilität eine gangbare Alternative zu den heutigen Verbrennungsmotoren darstellen.

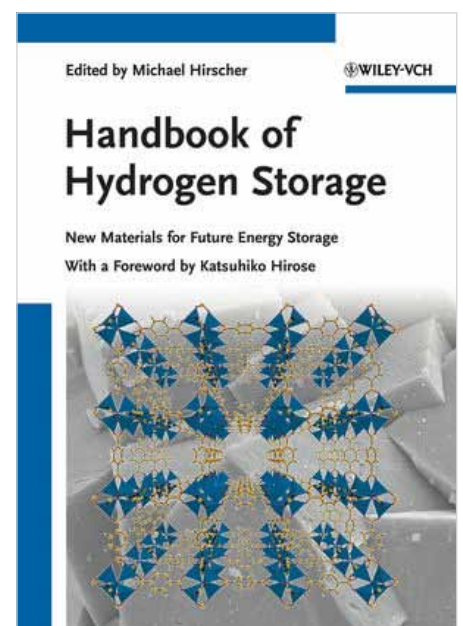
MOFs – die Abkürzung steht für Metal-Organic Framework oder zu Deutsch metallorganische Gerüststruktur – sind eine neue, faszinierende Klasse von kristallinen Festkörpern, die am Max-Planck-Institut für Metallforschung in Stuttgart untersucht

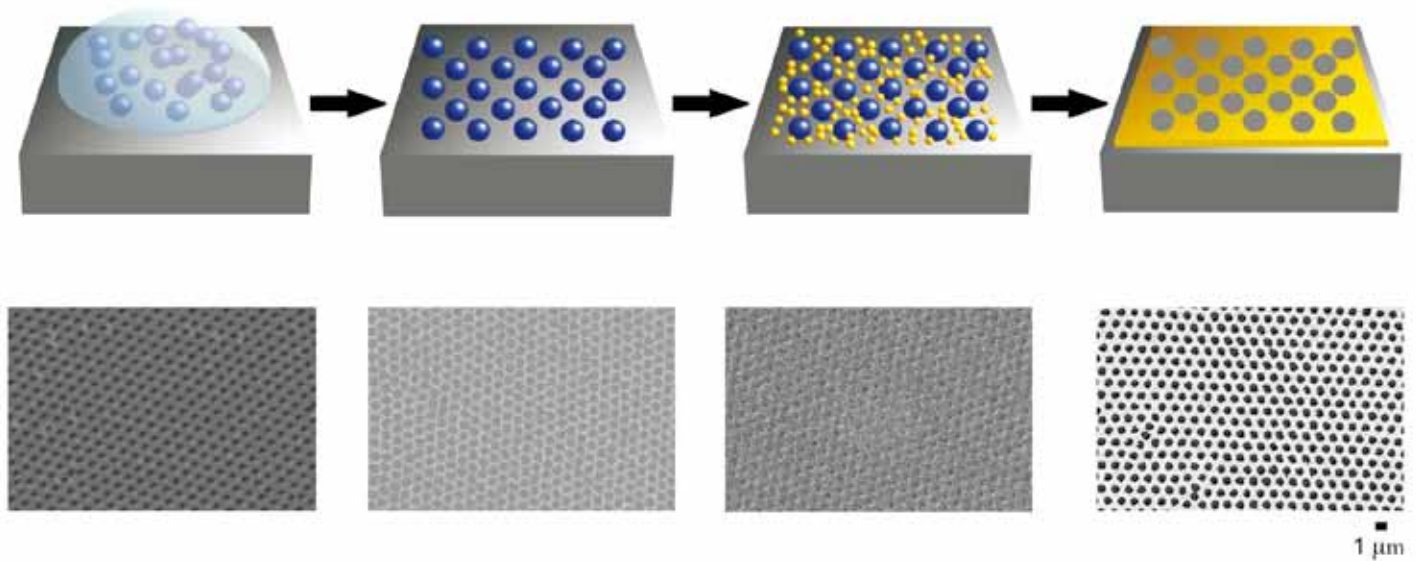
werden. Innerhalb der MOFs bilden Metall-Sauerstoff-Cluster mit organischen Molekülbrücken ein dreidimensionales Gitter. Diese löchrige Gitterstruktur, die die MOFs sehr leicht und ausgesprochen porös macht, führt zu einer extrem großen inneren Oberfläche: Ein Würfelzucker-großes Stück des MOFs birgt etwa die Größe eines Fußballfeldes. Die riesige Oberfläche bietet vielen Wasserstoffmolekülen Platz, um sich bei tiefen Temperaturen von „nur“ -196°C aufgrund von Van-der-Waals-Kräften anzulagern. Dieser Prozess der Kryoisorption kann effizient und technisch nutzbar zur Wasserstoffspeicherung eingesetzt werden, denn H<sub>2</sub> lässt sich so dicht packen als im gasförmigen Zustand.

Sie können mehr über die MOFs erfahren im Rahmen der Ausstellung „Entdeckungen – Energie“ vom 20. Mai bis 29. August 2010 auf der Insel Mainau im Bodensee. Dort stellt die Max-Planck-Gesellschaft ihre Forschungsaktivitäten zum Bereich Energie allgemein und zu den Themen Brennstoffzelle und Wasserstoffspeicherung im besonderen vor.

Mehr Informationen zur Ausstellung „Entdeckungen – Energie 2010“ auf der Insel Mainau unter [www.mainau-entdeckungen.de](http://www.mainau-entdeckungen.de).

Und wer darüber hinaus und detaillierter über die Möglichkeiten der Wasserstoffspeicherung erfahren möchte, der mag zum gerade eben erschienenen „Handbook of Hydrogen Storage“ greifen. Das Buch gibt einen umfassenden Überblick neuester Ansätze zur Wasserstoffspeicherung in Festkörpern und beleuchtet sowohl deren Vorteile als auch Grenzen. Herausgeber ist Dr. Michael Hirscher, ISBN-10: 3-527-32273-6, Wiley-Verlag.





## Tumorzellen auf der Spur

Mitarbeiter der Abteilung „Neue Materialien und Biosysteme“ entwickeln in Kooperation mit der Universität Stuttgart optische Biosensoren für die Detektion von Tumorzellen

Die aktive Fortbewegung einzelner Zellen oder Zellverbände in einem Organismus ist essentiell für physiologische Prozesse wie z.B. Wundheilung oder Immunantwort. Zusätzlich ist diese sogenannte Migration eine Schlüsseleigenschaft von Tumorzellen, die zuerst aus dem Primärtumorgewebe ausbrechen, darauf durch einen kontrollierten lokalen Abbau (Proteolyse) in die extrazelluläre Matrix und anschließend ins Blut- und Lymphsystem eintreten. In Kooperation mit der Universität Stuttgart (Dr. Angelika Hausser, Institut für Zellbiologie und Immunologie) entwickeln Dr. Claudia Pacholski und Stefan Quint einen optischen Biosensor für die schnelle und einfache Detektion des invasiven Potentials von Tumorzellen.

Biosensoren bestehen aus einer empfindlichen Schicht und einem Signalwandler, der den in der empfindlichen, biologischen Schicht erhaltenen Effekt in ein messbares Signal umwandelt. Für die Detektion von Tumorzellen soll extrazelluläre Matrix (Collagen) als empfindliche Schicht und ein mit einem periodischen Muster von Löchern versehener Goldfilm als optischer Signalwandler eingesetzt werden. Durch das Beugungsgitter kann die Oberflächenplasmonenresonanz des

Goldfilmes, die sehr empfindlich auf Änderungen des Brechungsindizes reagiert, auch in Transmission angeregt werden.

Bisher wurden solche Strukturen in Goldfilmen durch aufwändige physikalische Verfahren hergestellt. Die neue Methode beruht auf rein chemischen Prozessen. Zuerst wird eine Maske von Hydrogelkugeln auf einem Glaträger aufgebracht. Durch Selbstorganisation entsteht ein zweidimensionales Muster von Polymerscheiben mit definiertem Abstand. Zwischen den Polymerscheiben werden anschließend Goldnanoteilchen angebunden, die durch stromlose Goldabscheidung in einen Goldfilm umgewandelt werden. Nach Entfernung der Polymermaske ist der optische Biosensor einsatzbereit.

Dieses Projekt wird im Rahmen des WIN-Kollegs von der Heidelberger Akademie der Wissenschaften gefördert.

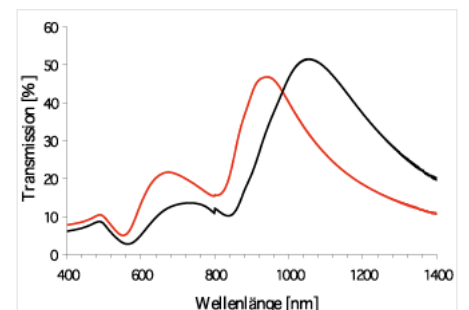
Kontakt: [pacholski@mf.mpg.de](mailto:pacholski@mf.mpg.de)

Quellen:

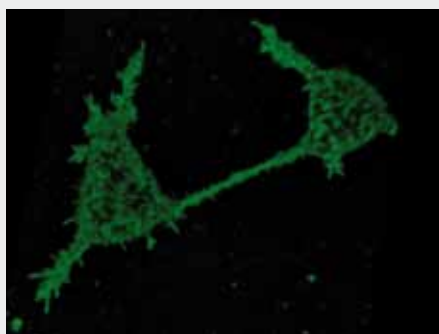
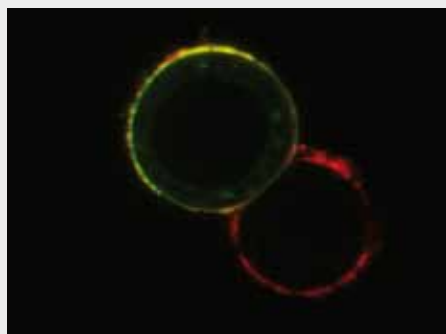
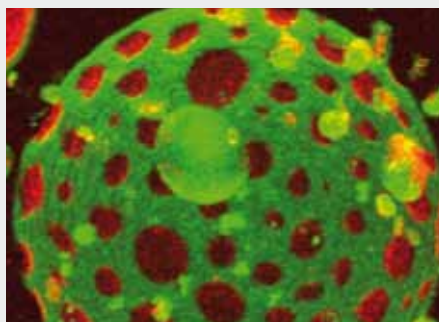
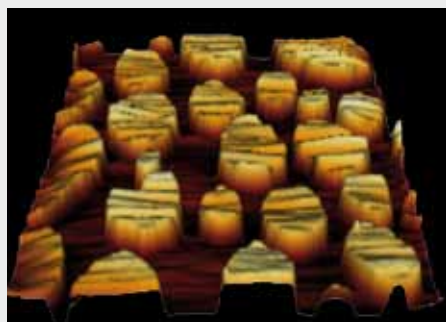
S. B. Quint, C. Pacholski, **A chemical route to sub-wavelength hole arrays in metallic films**, J. Mater. Chem., 2009, T19, 5906-5908

A. Hausser, C. Pacholski, **Detektion extrazellulärer Matrixdegradation durch einen Biosensor**, Biospektrum, 2008, 5, 485-487

Schematische Darstellung der Herstellung von optischen Biosensoren (obere Reihe) und rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen der einzelnen Schritte (untere Reihe). Ein periodisches Muster von Löchern in einem Goldfilm wird durch ein einfaches und ausschließlich auf chemischen Methoden beruhendes Verfahren erzeugt.



Transmissionsspektren eines optischen Biosensors vor (rot) und nach (schwarz) Adsorption eines Proteins an die Sensorenoberfläche. Die Transmission verschiebt sich durch die Änderung des Brechungsindizes und detektiert dadurch adsorbierte oder gebundene Biomoleküle.



## Membranbiophysik

Die Arbeitsgruppe von Dr. Ana Garcia-Saez wendet Fluoreszenzkorrelationsspektroskopie, Rasterkraftmikroskopie und Einzelmolekül „tracking“ Techniken an, um *in vitro* an Membranen die komplexen Interaktionen zwischen Bcl-2 Proteinen zu untersuchen.

Die Abbildungen zeigen verschiedene Membran-Modell-Systeme. Von links oben nach rechts unten: Rastermikroskopiedarstellung eines Lipidbilayers; 3D Darstellung eines Riesenliposoms (GUV); Vesikel einer Fluoreszenz-markierten Zellmembran; Fluoreszenz-markierte lebende Zelle.

Bilder: Dr. Ana Garcia-Saez

## Neue Nachwuchsgruppe am Institut – Kooperation mit Heidelberg

### Membranbiophysik

Seit Beginn dieses Jahres gibt es am Institut eine neue Nachwuchsgruppe, die von Dr. Ana Garcia-Saez geleitet wird. Die Gruppe wird in Verbindung mit dem Deutschen Krebsforschungszentrum (DKFZ) am Bioquant in Heidelberg arbeiten und untersucht Protein-Protein- und Protein-Membran-Interaktionen mittels biophysikalischer Methoden.

Um unnötige oder potenziell gefährliche Zellen aus dem Organismus zu entfernen, besitzen Säugetiere Stoffwechselwege, die zu „Zellselfmord-Programmen“, wie der Apoptose, führen. Die Einleitung der Apoptose wird streng reguliert. Sie kann von Zellen des Immunsystems befohlen oder von Vorgängen innerhalb der Zelle (z.B. Schädigungen der DNA) ausgelöst werden. Die sterbende Zelle verdaut sich selbst und zerlegt ihr Inneres in Vesikel. Diese Vesikel werden von Makrophagen (Fresszellen) aus dem Gewebe entfernt, so dass es zu keiner Entzündungsreaktion oder Schädigungen des umliegenden Gewebes kommt.

Typisch für die Apoptose ist die Aktivierung der Caspasen, einer Gruppe von Protein-abbauenden Enzymen. Ihre Aktivierung grenzt die Apoptose von anderen Formen des programmierten Zelltods ab. Eine Schlüsselrolle in der Apoptose spielen

die Mitochondrien – Zellorganellen, die auch „Kraftwerke der Zellen“ genannt werden. Aus ihrem Inneren werden Proteine entlassen, die sobald sie ins Zytosol gelangen, die Caspasen aktivieren und die Apoptose auslösen. Die Durchlässigkeit der Mitochondrienmembran für diese Proteine wird durch die Familie der Bcl-2 Proteine reguliert. Veränderungen in der Aktivität oder Konzentration der Bcl-2 Proteine können das Gleichgewicht zwischen Zelltod und Zellteilung stören und somit Tumorentstehung begünstigen. Daher ist das genaue Verständnis von Struktur und Funktion dieser Proteine von großem Interesse.

Die Forschungsgruppe von Dr. Garcia-Saez will den Einfluss der Mitochondrienmembranen auf die Struktur und Funktion der Bcl-2 Proteine und ihrer Interaktionen miteinander verstehen. Aus den Daten soll ein quantitatives Modell der mitochondrienvermittelten Apoptose erstellt werden. Dies soll helfen, neue therapeutische Ansätze zur Tumorbekämpfung zu entwickeln.

Ein weiterer Interessensschwerpunkt der Gruppe besteht am Zusammenspiel von Bcl-2 Proteinen mit Proteinen der mitochondrialen Teilung und Verschmelzung. Bcl-2 Proteine können die Morphologie (Gestalt, Form, Struktur) der

Mitochondrien beeinflussen. Wichtige Proteine der mitochondrialen Teilung und Verschmelzung wirken auf die Durchlässigkeit der äußeren Mitochondrienmembran ein. Dabei ist die genaue Interaktion der verschiedenen Proteine noch unklar. Deshalb soll ein *in vitro* System etabliert werden, mit dessen Hilfe die Interaktionen quantitativ untersucht werden können.

Das Institut wünscht Frau Garcia-Saez und ihren Mitarbeitern viel Freude und Erfolg bei ihrer Forschung.

### IMPRESSUM

**Herausgeber: Max-Planck-Institut für Metallforschung**

Heisenbergstraße 3  
70569 Stuttgart  
www.mf.mpg.de

Redaktion: Claudia Däfler  
Tel.: +49-711/689-3094  
Fax: +49-711/689-1932  
daefler@mf.mpg.de

Bildnachweis: MPI für Metallforschung, sofern nicht anders angegeben

Gestaltung: www.machwerk.com  
Auflage: 3.000 Stück