



EINBLICKE IN DAS OFFENE HERZ des wertvollen und weltweit äußerst seltenen Transmissions-Elektronenmikroskops gewährt Dagmar Gerthsen. Sie leitet das Laboratorium für Elektronenmikroskopie am Karlsruher Institut für Technologie. Foto: Fabry

## Mit Super-Mikroskop den Atomen auf der Spur

Weltweit gibt es nur etwa zehn Geräte dieses Typs

Das Laboratorium für Elektronenmikroskopie am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) ist stolzer Besitzer eines neuen Transmissions-Elektronenmikroskops. Es wurde mit einem Investitionsvolumen von 4,2 Millionen Euro aus Mitteln der Exzellenzinitiative beschafft. Das Laboratorium ist damit die erste universitäre Einrichtung Deutschlands, die mit einem FEI Titan<sup>3</sup> 80-300 „Cubed“ forsch. Lediglich das Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung in Dresden hat ebenfalls ein Gerät dieser Art. Weltweit gibt es nur etwa zehn Geräte. (Siehe auch Artikel „Die Vererbungslehre und die Physik“).

Das Transmissions-Elektronenmikroskop ist mit seinen sechs Tonnen ein Schwergewicht. „Mit seinem Auflösungsvermögen (ein Nanometer entspricht 0,000000001 Meter) lassen sich einzelne Atome abbilden und sogar deren Bewegung auf Oberflächen verfolgen“, freut sich Dagmar Gerthsen, Leiterin des Laboratoriums für Elektronenmikroskopie am KIT.

Die Wissenschaftler des KIT werden das neue Mikroskop zur Strukturaufklärung in vielen Bereichen einsetzen, beispielsweise in der Materialforschung, Nanotechnologie, Festkörperphysik, Chemie und sogar in der Biologie. Bis zu 30 Institute können von dem neuen Mikroskop profitieren. „Einmalig in der Transmissions-Elektronenmikroskopie ist die Möglichkeit, neben der Struktur auch die chemische Zusammensetzung und sogar elektronische Eigenschaften von winzigen kleinen Probenbereichen zu analysieren“, so Gerthsen.

Ein Beispiel dafür seien Quantenpunkte aus Halbleitern, die in effizienten Halbleiterlasern zum Einsatz kämen. Die chemische Zusammensetzung der Quantenpunkte, die

sich auf atomarer Skala von Atomebene zu Atomebene ändern kann, lässt sich bei der Herstellung nicht genau kontrollieren. Daher ist es notwendig, diese am Objekt zu analysieren.

In der Materialforschung gilt das Interesse beispielsweise der Anreicherung von Verunreinigungsatomen in Korngrenzen – dies sind die Flächen zwischen den unterschiedlich orientierten Körnern des Materials. Verunreinigungsatome können sich nachteilig auf die Festigkeit von Materialien auswirken, was bis hin zum Bauteilversagen gehen kann. KIT-Wissenschaftler können mithilfe des neuen Mikroskops diese Verunreinigungen abbilden und gleichzeitig chemisch analysieren. Mit dem Mikroskop ist es auch möglich, Ursachen für die Abnahme der Leistungsfähigkeit von Brennstoffzellen zu untersuchen. Hier stehen die chemischen Reaktionen zwischen Elektroden und Festelektrolytmaterial sowie die Entmischungsvorgänge im Elektrolytmaterial selbst im Mittelpunkt, die zu Variationen der chemischen Zusammensetzung auf der Skala von nur wenigen Nanometern führen können.

Ein weiteres Einsatzgebiet der neuen Anschaffung ist die Analyse der Struktur und chemischen Zusammensetzung von neuartigen funktionellen Nanoteilchen und molekularen Strukturen, die beispielsweise künftig in der Medizin als Container für Medikamente oder als elektronische Bauelemente ihre Anwendung finden.

Die Möglichkeit der Holographie im Transmissions-Elektronenmikroskop erlaubt es zudem, elektrische Felder um Defekte in Halbleitern, die die Beweglichkeit von Ladungsträgern in Halbleiterbauelementen reduzieren, auf einer Nanometerskala abzubilden. BNN

### Neuanschaffung am KIT ist ein Weltmeister im Auflösen

## Die Vererbungslehre und die Physik

Dagmar Gerthsen leitet das Laboratorium für Elektronenmikroskopie am KIT

Von unserer Mitarbeiterin Gabriele Kraft

„Sport ist eigentlich das Beste, was ich kann. Aber ich wollte nicht Lehrerin werden, so habe ich gedacht, ich versuche es einmal mit Physik, wobei ich bis zum Vordiplom nicht wirklich wusste, ob ich es auch schaffen würde.“ Dabei wurde der leidenschaftlichen Fahrradfahrerin Dagmar Gerthsen Physik quasi in die Wiege gelegt: Nach ihrem Großvater, einem berühmten Physik-Lehrbuchschreiber, ist an der Universität Karlsruhe sogar ein Vorlesungssaal benannt und ihr Vater war Professor an der dortigen Fakultät für Elektrotechnik. Mittlerweile ist aus der Physik-Ausprobiererin die Leiterin des Laboratoriums für Elektronenmikroskopie am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) geworden.

Dagmar Gerthsen studierte zunächst in der Fächerstadt, später in Göttingen. Nach dem Diplom ging sie für 18 Monate nach Pasadena/Kalifornien an das berühmte California Institute of Technology (Caltech). Zurück in Göttingen wechselte sie ihr Fachgebiet und schrieb ihre Doktorarbeit in der Metallphysik. Danach zog sie ins kalifornische Palo Alto zu Xerox, einem weltweit bekannten Industrieforschungslabor. Knapp 30-jährig kehrte sie nach Deutschland ins Forschungszentrum Jülich zurück, wo sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Elektronenmikroskopie und Halbleiterphysik sehr gute Arbeitsbedin-

gungen vorfand. In der Biologie und Medizin gestattet die Elektronenmikroskopie das Sichtbarmachen von Bakterien, Viren und den Blick ins Zellinnere. Mit ihr werden auch die Realstrukturen fester Körper, ihre atomare Regelmäßigkeit sowie ihre Baufehler sichtbar. Moderne Elektronenmikroskope können heute bis zu ein millionenfach vergrößern und Strukturen mit 0,05 Nanometer auflösen.

35-jährig übernahm Dagmar Gerthsen in Karlsruhe das Laboratorium für Elektronenmikroskopie und baute Stück für Stück ihre

„Betrachten wir ein Kristallgitter, dann besteht dieses zunächst einmal aus einer regelmäßigen Anordnung von Atomen. Es gibt aber auch Defekte, die sich daran zeigen, dass Atome nicht mehr an den Stellen sitzen, an denen sie sollten. Die leichten Verschiebungen aus regulären Gitterpositionen können mit dem neuen Gerät nun präzise abgebildet werden“, erklärt Gerthsen. „Mein Institut ist eine Zentraleinrichtung. Wir erhalten von vielen anderen Instituten Proben: aus der Biologie (Zellen, Bakterien), aus der Werkstoffkunde, aus der Halbleiterphysik oder der Elektrotechnik, beispielsweise Werkstoffe für Brennstoffzellen.“



### Forscherinnen im Portrait

Abteilung aus. Nachdem die Universität durch die Exzellenzinitiative weitere Forschungsmittel erhalten hatte, war es Gerthsen gelungen, ein Mikroskop einer neuen Dimension anzuschaffen. (Siehe auch Artikel „Mit Super-Mikroskop...“). Die bislang erhältlichen Geräte hatten stark ausgeprägte Abbildungsfehler, die zu prinzipiellen Beschränkungen für die Auflösung führten. Nunmehr jedoch werden korrigierte Linsen im Mikroskop eingesetzt, die den wichtigsten Abbildungsfehler (Öffnungsfehler) korrigieren. Das bringt eine deutliche Verbesserung im Auflösungsvermögen.

Jungen Frauen kann Dagmar Gerthsen übrigens nur empfehlen, nach dem Abitur Physik zu studieren: „Physiker haben ein gutes mathematisches Rüstzeug und eine breite Ausbildung. Unsere Absolventen gehen in die Forschung, aber auch zu Unternehmensberatungen, Versicherungen, Banken, ins Management oder werden Bundeskanzlerin. Physiker können meistens sehr gut programmieren und sich schnell in ganz unterschiedliche Fragestellungen einarbeiten. Wir lernen im Studium Probleme analytisch anzugehen, was sich beispielsweise auch auf Finanzfragen einer Bank und vieles andere anwenden lässt, was komplexes analytisches Denken voraussetzt. Man muss nicht glauben, dass eine stark ausgeprägte Neigung zur Physik mitgebracht werden müsse, um das Fach studieren zu können.“



### Mythen der Ernährung

Macht „light“ wirklich schlank? Sind fünf Mahlzeiten ideal? Lässt FdH (Friss die Hälfte) die Pfunde purzeln? Ist brauner Zucker gesünder als weißer? – Rund ums Essen und Abnehmen ranken sich eine Fülle von Mythen und Märchen. Die Badischen Neuesten Nachrichten decken in einer Artikelserie populäre und hartnäckige Irrtümer und Halbwahrheiten auf.

## Raubt Essig Blut?

Der Magen bringt es auf mehr Säure als Haushaltssessig

„Ein Tropfen Essig raubt drei Tropfen Blut“ – so lautet eine alte Redewendung. Und manchmal sind es sogar zehn Tropfen. Was stimmt denn nun? Wenige Tropfen, viele Tropfen, oder kann Essig dem roten Lebenssaft überhaupt nichts anhaben? Immerhin trinken viele Menschen täglich kohlesäurehaltige Getränke wie Coca-Cola oder Sprudel, ohne an Blutarmut zu leiden.

„Für dieses Sprichwort gibt es keinen wissenschaftlichen Hintergrund“, sagt der Ernährungsmediziner Achim Bub vom Karlsruher Max-Rubner-Institut. Essig hat seiner Meinung nach keine nachteiligen, sondern im Gegenteil vorteilhafte Wirkungen, beispielsweise als Geschmackskomponente in Salatmarinaden. Geringfügig könnte die enthaltene Essigsäure sogar das Bakterienwachstum hemmen, so Bub.

Dass Essigsäure schwerlich ein Bluträuber sein kann, zeigt ein Vergleich: Schon der Magen bringt es natürlicherweise auf mehr Säure als normaler Haushaltssessig, der etwa fünf Prozent Essigsäure enthält. Als

Gradmesser für die Stärke von Säuren und Basen gilt der sogenannte pH-Wert, er reicht von null (sehr sauer) bis 14 (sehr basisch). Die Werte unterscheiden sich jeweils um das

Zehnfache. Eine Lösung mit pH1 ist demzufolge zehnmal saurer als eine mit pH2. Wasser hat einen (neutralen) pH-Wert von sieben. Blut ist mit pH 7,4 ebenfalls neutral. Im Magen beträgt der pH-Wert durch die Magensäure eins bis zwei, während Essig einen pH-Wert um drei hat, er ist also mindestens zehnmal weniger sauer als die Magensäure.

Täglich baut der Körper selbst zwischen 50 bis 100 Gramm Essigsäure auf und ab. Auch das ein Beleg, dass Essigsäure dem Blut nichts anhaben kann. Und selbst wenn man sehr viel Essig zu sich nimmt, verfügt der Körper über ein Puffersystem, das den pH-Wert des Blutes konstant hält. Überschüssige Säure kann der Körper über verschiedene Wege entsorgen.

Regina Link



## Digitale Hilfe im Kunstunterricht

ei. Schüler sehen im Kunstunterricht oft nur eine willkommene Verschnaufpause zwischen Mathearbeit und Chemieversuch. Ganz tief in den Keller rauscht ihre Aufmerksamkeit, wenn statt Praxis Kunstgeschichte auf dem Stundenplan steht. Wie also Jugendliche für die Perlen des künstlerischen Schaffens begeistern? Man könnte sie zum Beispiel dort abholen, wo sie sich ohnehin oft aufhalten – im Internet. Das ist eines der Ziele des Web-Portals, das derzeit – gefördert von der EU – unter dem Namen „Michelangelo“ entsteht.

Was ist das Besondere an der Kathedrale in der nordenglischen Stadt Durham? Welche Rolle spielt der italienische Bildhauer Giovanni Pisano für Kunst und Architektur Italiens im 13. Jahrhundert? Antworten auf Fragen dieser Art soll das Internet-Portal liefern, an dem Kunstlehrer und Schüler aus sechs Ländern – Deutschland, England, Polen, Portugal, Bulgarien und Italien – zurzeit arbeiten. Die Pädagogen wollen bis Ende 2009 prägende Kunstwerke ihrer Länder auswählen und didaktisch aufbereiten.

Portale zur Kunstgeschichte gibt es im Internet bereits. Das Besondere an „Michelangelo“ ist die Verknüpfung von Theorie, Praxis und Lehre: Für jedes Land wird es ein Lernpaket geben, das vollständige Lerneinheiten inklusive Testaufgaben enthält. Lehrer können damit ihren Unterricht vorbereiten. Schüler werden in das jeweilige Thema eingeführt. Dann aber sollen sie selbstständig mit Hilfe sogenannter E-Learning-Einheiten im Internet weiterlernen.

Das „Michelangelo“-Projekt wird zwar von Schulen erarbeitet, in jedem Land aber von einer wissenschaftlichen Einrichtung betreut. In Deutschland koordiniert das Zentrum für empirische pädagogische Forschung der Universität Koblenz-Landau das Projekt. Zuständig ist dort Doris Jäger-Flor, die an einem Beispiel beschreibt, wie die Verknüpfung von Theorie und Praxis aussehen könnte: Wenn es beim Thema Renaissance um Fresken gehe, könnten Schüler zum Beispiel im Internet auch nachlesen, wie sie solche selber herstellen können. Einen ersten Überblick über das Projekt gibt es unter <http://michelangelo.pixel-online.org>.



EXAKT MESSBAR sind die Auswirkungen von Vibrationen auf Faserkreisel. Zum Einsatz kommt dabei das Laservibrometer, hier bedient von Friedemann Mohr. Foto: Klaus Müller

## Mohr verfeinert Messtechnik

Vibrationen wirken sich auf die Genauigkeit von Sensoren aus

Von unserem Mitarbeiter Klaus Müller

Ein paar Grad Abweichung auf der Flugroute genügen, um einen nach New York geplanten Flug im amerikanischen Niemandsland enden zu lassen. Ganz zu schweigen vom Durcheinander, das die „paar Grad Abweichungen“ auf den Flugstraßen dort oben am Himmel anrichten würden. Damit es auf den Flugrouten nicht drunter und drüber geht, werden hochmoderne Navigationsgeräte eingesetzt. Neben dem GPS, einem satellitengestützten Navigationssystem, kommt dabei auch Licht zum Einsatz, das durch Glasfaser-Sensoren fließt. Je aufwendiger solche Systeme allerdings sind, desto empfindlicher und anfälliger für Störungen werden sie.

Die Messtechnik nachhaltig verbessern soll ein Forschungsprojekt an der Hochschule Pforzheim unter Leitung von Friedemann Mohr, der in Fachkreisen als Pionier der optischen Messtechnik gilt. Was früher mechanische Kreisel übernahmen – nämlich die Bestimmung der Bewegungsrichtung eines Flugzeuges oder eines Schiffes – übernehmen heute optische Sensoren in Faserkreisel oder Kompassen. In ihnen wird durch eine aufgerollte Faserspule Licht im Gegenurzeiger- und im Uhrzeigersinn geschickt.

„Beide treffen nach einem vollen Umlauf wieder am sogenannten Strahlungsteiler zusammen. Und zwar gleichzeitig, weil sie jeweils einen identischen Weg durchlaufen“, erläutert Mohr. Wird aber nun das Flugzeug unter dem Einfluss einer Windböe aus der geraden Flugbahn geworfen, legen die Lichtwellen unterschiedliche Wege zurück. Und genau dieser Unterschied kann gemessen und anschließend berechnet werden.

„Wir erfinden den Faserkompass nicht neu, aber wir können ihn deutlich verfeinern und damit verbessern“, so Mohr. Ihn interessiert,

wie sich Vibrationen auf die Genauigkeit der Fasersensoren-technik auswirken und welche Materialkompositionen die besten Eigenschaften haben, um „Störungen“ möglichst gering zu halten?

Im zweiten Teil des Forschungsprojektes sollen die Erkenntnisse zunächst in bautechnische Anwendungen der optischen Messtechnik fließen. Dank noch genauerer Messungen durch die Optimierung der Fasersensoren-Technik könnte man den Belastungszustand von Brücken, von Gebäuden, eben von allem, wo sich die Fasersensoren einbauen lassen, exakter als bisher bestimmen. Vielleicht ließe sich dadurch so mancher „plötzliche“ Brückeneinsturz oder Hochhauseinsturz viel früher vorhersagen und somit vermeiden.

### Bessere Einsturzvorhersage und zielgenaueres Fliegen