

Empa **News**

Magazin für Forschung, Innovation und Technologietransfer
Jahrgang 9 / Nummer 32 / Februar 2011



Kunstrasen mit Stehauf-Qualität 16

EMPA 
Materials Science & Technology

Türöffner zur Nanowelt
feiern Jubiläum 06

Plasmatechnologie für
die Textilindustrie 18

Detektivarbeit bei
defekter Elektronik 20

Null Risiko gibt es nicht

Die Nanotechnologie – oder besser: die Nanotechnologien – hat Grund zum Feiern. Dieses Jahr jährt sich die «Geburtsstunde» des Rastertunnelmikroskops zum 30. Mal. Dieses Instrument und weitere haben die Welt der Atome und Moleküle sichtbar und damit überhaupt erst zugänglich gemacht. Inzwischen wurden dank Nanoeffekten zahlreiche Materialien und Produkte mit neuen, viel versprechenden Eigenschaften entwickelt und auf den Markt gebracht.



Und wie immer, wenn Menschen mit neuen Technologien konfrontiert sind, sehen einige darin ein halb volles, andere ein halb leeres Glas. In diesem Spannungsfeld bedeutet ein verantwortungsvoller Umgang mit «Nano», mögliche Risiken rechtzeitig zu

erkennen und zu minimieren, ohne gleichzeitig die enormen Chancen etwa im Energie- oder Umweltbereich zu verspielen.

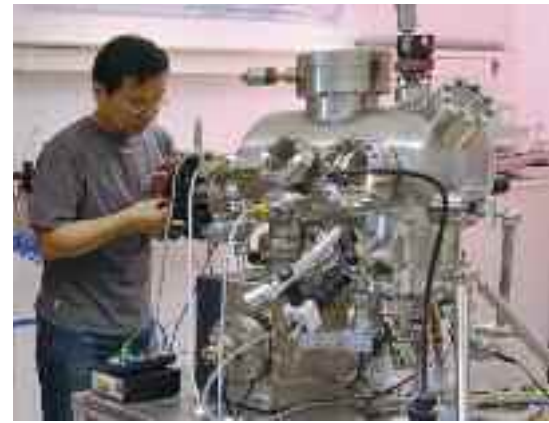
Die vielerorts gestellte Forderung nach «Null Risiko», die einer immer mehr um sich greifenden Vollkasko-Mentalität entspringt, hilft dabei wenig. Risiken gehören seit je zu unserem Dasein. Sie sind das Begleitgeräusch jeglicher Veränderung, denn: Wer neue und daher unsichere Pfade betritt, der wagt, der riskiert etwas.

Und neue Technologien können unser Leben gehörig auf den Kopf stellen. Man denke nur an die Einführung des Automobils oder des Internets. Daher heisst es in solchen Situationen, die Kosten – sprich: die potenziellen Risiken – gegen den zu erwartenden Nutzen abzuwägen. Und zwar rational und unter Berücksichtigung sämtlicher zur Verfügung stehender Fakten.

In diesem Bereich tut sich in der Schweiz derzeit einiges: Gerade ist das neue Nationale Forschungsprogramm «Chancen und Risiken von Nanomaterialien» angelaufen, an dem Empa-Forschende massgeblich beteiligt sind. Und im Mai findet in Baden die von der Empa mitorganisierte «Swiss NanoConvention» statt, die den interdisziplinären Dialog zum Thema «Nano» verstärken und ausbauen will.

Viel Vergnügen beim Lesen.

Michael Hagmann
Leiter Kommunikation

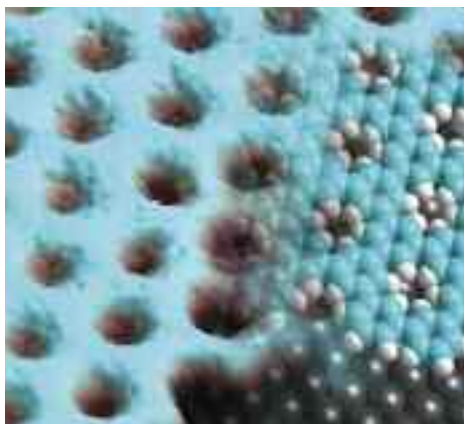


**Mikroskope & Nobelpreise
Türöffner zur Nanowelt
feiern Jubiläum 06**



Titelbild

Empa-Forschende haben zusammen mit der Schweizer Firma TISCA TIARA eine Bikomponentenfaser für einen neuartigen Kunstrasen entwickelt, die sich dank hartem Kern immer wieder aufrichtet und aufgrund der weichen Hülle Hautschürfungen und Verbrennungen vermeidet. (Bild: TISCA TIARA)



Chemie & Analysen
Rastertunnel- und Rasterkraft-
mikroskopie heute 10



Tragkomfort & Umweltschutz
Plasmatechnologie für die
Textilindustrie 18



Ursachen & Wirkungen
Detektivarbeit bei defekter
Elektronik 20

Forschung und Entwicklung
04 Die Kunst des Isolierens

Fokus: Nanotechnologie und ihre Instrumente

- 06** Pforte in die Nanowelt
- 08** Forschungsprogramm gestartet
- 10** Happy Birthday!
- 13** Chemie mit Elektronenstrahlen

- Wissens- und Technologietransfer
- 16** Kunstrasen mit Stehauf-Qualität
 - 18** Auf Industrie getrimmt

- Dienstleistungen
- 20** Fehlersuche – erfolgreich beendet

- Wissenschaft im Dialog
- 22** Swiss Innovation Forum 2010
 - 23** Tage der Technik 2010

- 24** Veranstaltungen

Impressum

Herausgeberin
 Empa
 Überlandstrasse 129
 CH-8600 Dübendorf
 www.empa.ch

Redaktion & Gestaltung
 Abteilung Kommunikation

Kontakt
 Telefon +41 44 823 47 33
 empanews@empa.ch
 www.empanews.ch

Erscheint viermal jährlich





1



Die Kunst des Isolierens

Neue Technologien wie Vakuumisulationspaneele, Vakuumverglasung oder Aerogele sind die Zukunft der Gebäudeisolierung. Die Empa erforscht und optimiert diese Möglichkeiten, um den Wärmeverlust eines Hauses zu minimieren.

TEXT: Peter Merz

1

Ein Gebäude wird zu einem Kunstwerk: Im Sommer 1995 hüllte das Künstlerpaar Christo und Jeanne-Claude das Reichstagsgebäude in Berlin vollständig in silberglänzendes, feuerfestes Gewebe. Auch das effiziente und elegante Isolieren von Gebäuden ist schon fast eine Kunst, die auf viel Wissen und Können beruht. (Foto: tmx2, Flickr)

2

Moderne Hochleistungsdämmsysteme wie Vakuumisulationspaneele bieten auch bei geringer Dicke eine hervorragende Isolierung. (Foto: Empa)

3

Aerogele bestehen zu über 90 Prozent aus Luft, die in Poren von Nanometergrösse eingeschlossen ist; deshalb isolieren die Materialien sehr gut. Zudem lassen sie Licht durch und ermöglichen so – zum Beispiel in einer Turnhalle – eine natürliche Beleuchtung. (Foto: Scobalit AG, Empa)

4

Vakuumverglasung ermöglicht eine sehr gute Wärmeisolierung. Die Herausforderung besteht darin, die Scheiben so gut abzudichten, dass das Vakuum im Innern über Jahrzehnte bestehen bleibt. Empa-Forschende haben eine Methode zum Patent angemeldet, bei der zwei Glasscheiben mit einer Zinnlegierung versiegelt werden. Das Ultraschallbild eines Laborversuchs (rechts) zeigt, dass die Verbindung mit dem Zinn rundherum ohne Unterbruch gelang. Die Dichtigkeit wurde in Leckmessungen bestätigt. (Foto: Empa)

In der Winterzeit entwickeln sich viele ungenügend isolierte Häuser zu wahren Energie- und damit Geldschleudern. Um Gebäude energetisch zu sanieren, gibt es verschiedene Ansätze. Im Interesse der Empa stehen Hochleistungsdämmsysteme, die bei geringer Dicke eine hohe Isolationsleistung erbringen. Die Abteilung «Bautechnologien» erforscht und verbessert verschiedene derartige Systeme, die teilweise noch in der Entwicklung stehen, teilweise bereits im Handel sind.

Das Nichts dämmt

So genannte Vakuumisulationspaneele, kurz VIP, werden bereits seit rund zehn Jahren im Schweizer Bauwesen eingesetzt. Dazu werden Kernmaterialien mit Poren im Submikrometerbereich in eine Schutzfolie gehüllt. Anschliessend wird die Hülle bei einem Druck von einem Millibar verschweisst. Da im Innern nur rund ein Tausendstel des Normaldrucks herrscht, isolieren VIP hervorragend; die gemessene Wärmeleitfähigkeit, der Lambda-Wert (λ), liegt für fabrikneue Paneele bei $4 \text{ mW/m}\cdot\text{K}$ und ist somit achtmal besser als bei üblichen Dämmstoffen. Eingesetzt werden VIP aufgrund ihres höheren Preises vor allem in Spezialanwendungen, zum Beispiel unter Terrassen. Würden diese mit herkömmlichen Dämmstoffen isoliert, läge der Terrassenboden höher als der Boden des angrenzenden Wohnraums.

Die Hauptfragestellung, die die Empa-Forschenden seit längerem bewegt, ist die Langlebigkeit: Halten die VIP die minimal erforderlichen 25 Jahre, um die Anforderungen für Schweizer Bauten zu erfüllen? «Die in der Schweiz erhältlichen Paneele weisen eine hohe Qualität auf und die Marktführer sind deshalb auch sehr daran interessiert, diese Standards zu halten. Dazu gehört die Langlebigkeit», sagt Empa-Forscher und VIP-Experte Samuel Brunner. Er und seine Kollegen haben Testmethoden entwickelt, um die Abnahme der Isolationsfähigkeit von VIP über die Jahre zu bestimmen. Dazu werden die Paneele für rund sechs Monate in Klimakammern gelagert, danach messen die Forschenden den Innendruckanstieg und weitere alterungsrelevante Parameter.



2



3



4

«VIP sind momentan das leistungsfähigste kommerziell erhältliche Dämmsystem und erlauben es, Gebäude schlank zu isolieren», sagt Brunner. «Unsere Messungen haben ergeben, dass die neuesten erhältlichen VIP nach 25 Jahren noch immer einen relativ tiefen λ -Wert von $6 \text{ mW/m}\cdot\text{K}$ haben werden. Gemäss den in der Dämmstoffindustrie üblichen Normansprüchen müssen nach 25 Jahren immer noch über 90 Prozent der Paneele den deklarierten Wert unterschreiten. Es gibt weit und breit kein anderes Dämmmaterial, das da mithalten kann und nach 25 Jahren noch einen so tiefen λ -Wert zeitigt.» So haben etwa Polyurethan-Dämmplatten λ -Werte zwischen 22 und $28 \text{ mW/m}\cdot\text{K}$, je nachdem, ob sie noch mit einer Diffusionssperre, meist aus Aluminiumfolie, beschichtet sind.

Ein Feststoff aus über 90 Prozent Luft

Wird die Porengrösse weiter verkleinert, können Dämmstoffe hergestellt werden, die ohne Vakuum einen λ -Wert unterhalb von $15 \text{ mW/m}\cdot\text{K}$ erreichen. Solche Materialien, Aerogele genannt, weisen Poren in Nanometergrösse auf und bestehen zu 90 Prozent aus Luft. Die Abteilung «Bautechnologien» erforscht seit längerem sowohl Aerogelmaterialien als auch solche Systeme. So hat sie ausgehend von kommerziellen Aerogelgranulaten einen Dämmputz entwickelt, mit dem historische Bauten saniert werden können, ohne deren Erscheinungsbild zu verändern. Für 2011 sind erste Feldversuche geplant.

Matthias Koebel und sein Team entwickeln neuartige Aerogelmaterialien, die vor allem als Dämmstoffe eingesetzt werden sollen, aber auch als Lichtleiter. So wurden bereits Dächer wirkungsvoll mit Aerogelen isoliert, die gleichzeitig eine passive Beleuchtung der Innenräume durch Tageslicht erlauben. Auch für künstliche Beleuchtungen sind Aerogele interessant. Die Empa-Fachleute untersuchen dazu Anwendungsmöglichkeiten in der LED-Beleuchtungstechnik.

Verbesserungspotenzial bei Vakuumverglasung

Gut isolierte Dächer und Wände nützen allerdings wenig, wenn die Fenster die eigentliche Leckstelle sind. Vakuumverglasung ist ein weiteres Forschungsgebiet des Teams um Matthias Koebel. «Die heutigen Doppel- und Dreifachverglasungen verfügen zwar bereits über ziemlich gute Dämmwerte. Die Edelgase Krypton und Xenon, mit denen die Fenster gefüllt werden, stehen jedoch nur beschränkt zur Verfügung», sagt Koebel. «Die Alternative ist eine Vakuumverglasung, die ähnliche oder sogar noch bessere Dämmwerte erzielt als die konventionelle Dreifachverglasung.» Zudem werden die Fenster dünner, leichter und lassen mehr Licht durch.

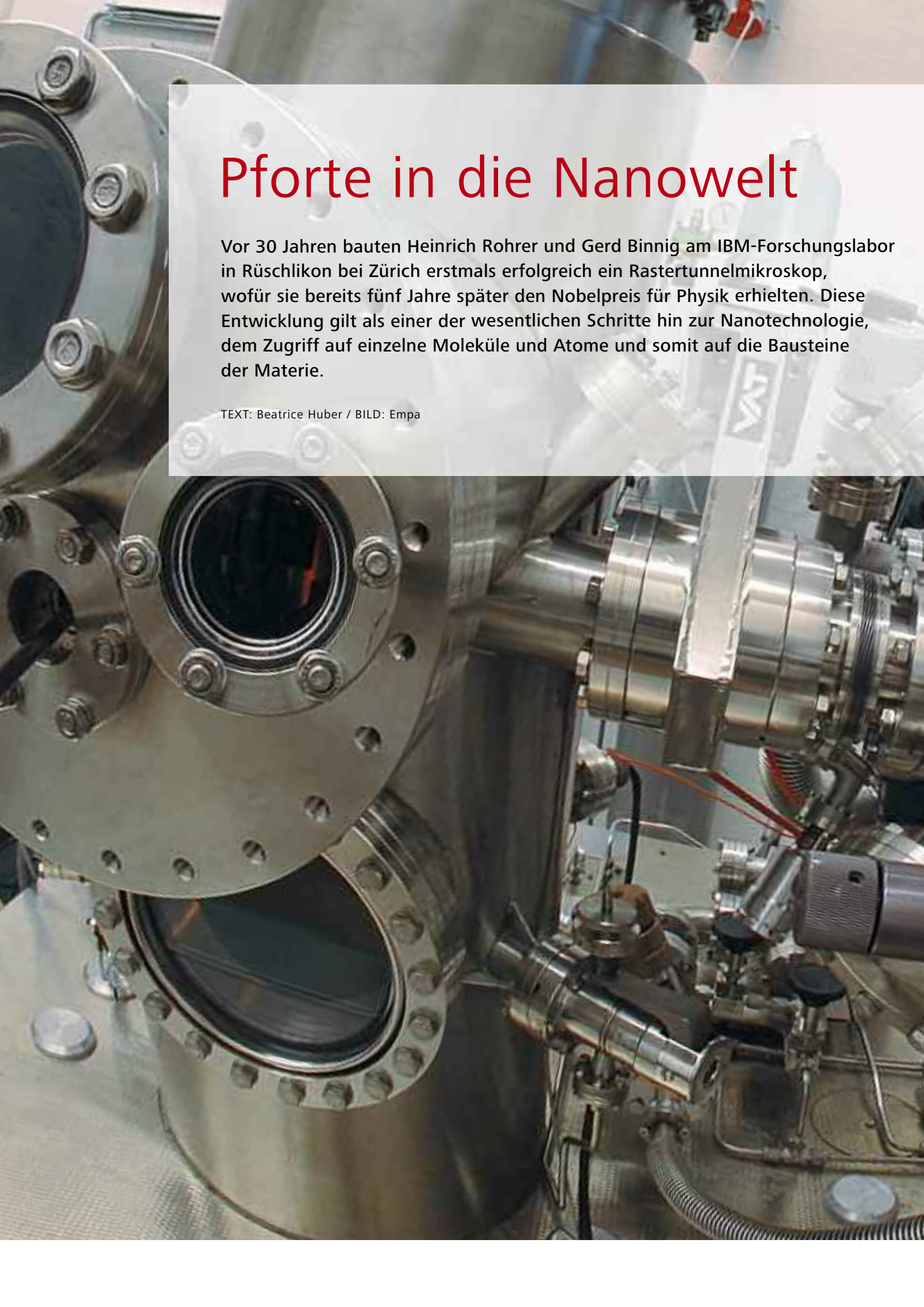
Für heutige Vakuumverglasungen werden üblicherweise zwei Glasscheiben am Rand abgedichtet; anschliessend wird über einen Pumpstutzen die Luft aus dem Innern evakuiert. Knackpunkt dieses Verfahrens sind der Pumpstutzen, der nach dem Abpumpen separat versiegelt werden muss, sowie die hohen Temperaturen, die während der Herstellung nötig sind. Das heute vor allem in Asien gängige Produktionsverfahren erlaubt nur Fenster mit Vakuumverglasung, die eine ungenügende Dämmleistung aufweisen. Für den grossen Durchbruch, auch in der Schweiz, muss die Vakuumverglasung besser und langlebiger werden.

Koebel und seine Kollegen verfolgen einen neuartigen Ansatz, um die Scheiben zu versiegeln. Dafür untersuchten sie verschiedene Materialien für den Randverbund. Als erfolgreich erwies sich im Labor eine Methode, bei der die Scheiben im Vakuum, das heisst bei Drücken von 10^{-3} bis 10^{-4} Millibar, mit einer speziellen Zinnlegierung abgedichtet werden. Ein Pumpstutzen ist nicht mehr nötig, da die Versiegelung direkt im Vakuum geschieht und keine Luft aus dem Innern abgepumpt werden muss. Die Technik ist zum Patent angemeldet. Zudem haben die Empa-Fachleute auch Modelle entwickelt, um Alterungsprozesse der Vakuumverglasung zu verstehen und deren Grössenordnung bereits rein rechnerisch abschätzen zu können. //

Pforte in die Nanowelt

Vor 30 Jahren bauten Heinrich Rohrer und Gerd Binnig am IBM-Forschungslabor in Rüschlikon bei Zürich erstmals erfolgreich ein Rastertunnelmikroskop, wofür sie bereits fünf Jahre später den Nobelpreis für Physik erhielten. Diese Entwicklung gilt als einer der wesentlichen Schritte hin zur Nanotechnologie, dem Zugriff auf einzelne Moleküle und Atome und somit auf die Bausteine der Materie.

TEXT: Beatrice Huber / BILD: Empa



Das Rastertunnelmikroskop – im Bild ein Gerät, das am Empa-Standort in Thun aufgebaut ist – feiert dieses Jahr seinen 30. Geburtstag.

Nanotechnologie, wie wir sie heute kennen, gäbe es nicht ohne die Instrumente, die diese Welt des extrem Kleinen sichtbar und damit analysierbar und manipulierbar machen. Auch Empa-Wissenschaftler nutzen Geräte wie Elektronenmikroskope, Rastertunnelmikroskope oder Rasterkraftmikroskope für ihre Forschung und erweitern deren Einsatzgebiete, wie die Beiträge auf den folgenden Seiten zeigen. Das Rastertunnelmikroskop feiert dieses Jahr seinen 30. Geburtstag: 1981 entwickelten Heinrich Rohrer und Gerd Binnig am IBM-Forschungslabor in Rüschlikon das erste Rastertunnelmikroskop, das die nötige Präzision und Stabilität aufwies. 1986 wurden sie dafür mit dem Nobelpreis in Physik geehrt.

Mikroskop rastert Oberfläche ab

Das Rastertunnelmikroskop ist kein «echtes» Mikroskop, da es kein direktes Bild des untersuchten Objekts erzeugt. Das Instrument rastert mit einer Messspitze das Profil einer Oberfläche ab, wobei immer ein winziger Abstand zwischen der Spitze und Oberfläche bestehen bleibt. Dadurch wird verhindert, dass während des Rasterns etwas beschädigt wird. Das Mikroskop nutzt zur Messung den so genannten Tunneleffekt. Dieser quantenmechanische Effekt, der dem Mikroskop seinen Namen gab, ermöglicht einem Elektron (oder auch einem anderen Teilchen), einen Tunnel durch einen nach klassischer Physik unüberwindbaren Potenzialberg zu bohren. Infolgedessen fliesst ein Strom, der gemessen werden kann, selbst wenn sich Messspitze und Oberfläche nicht berühren. Auch Flash-Speicher, etwa in USB-Sticks, beruhen auf dem Tunneleffekt.

Rohrer und Binnig teilten sich 1986 den Physik-Nobelpreis mit dem deutschen Elektroingenieur Ernst Ruska, der bereits in den 1930er-Jahren das Elektronenmikroskop entwickelt hatte. Dieses nutzt statt normalem Licht einen Elektronenstrahl und erzielt damit eine deutlich bessere Auflösung. Lichtmikroskope erreichen eine Auflösung von rund 200 Nanometern, Elektronenmikroskope derzeit rund 0,1 Nanometer. Wie die Rastertunnelmikroskope sind auch die Elektronenmikroskope inzwischen längst zu unverzichtbaren Werkzeugen der Nanotechnologie geworden. //

Forschungsprogramm gestartet

Welche Chancen bieten Nanomaterialien, welche Risiken bergen sie? Das Nationale Forschungsprogramm 64 will bestehende Wissenslücken schliessen und so zu einem nachhaltigen Erfolg von Nanomaterialien beitragen. Die Empa ist an vier von 17 geförderten Projekten beteiligt.

TEXT: Beatrice Huber

Ist nano nachhaltig?

Um Herausforderungen wie den Klimawandel oder die Verknappung natürlicher Ressourcen zu meistern, sind nachhaltige Lösungen gefragt. Nanotechnologien und Nanomaterialien liefern dazu neue Ansätze. Die Schweizerische Akademie für Technische Wissenschaften SATW hat gemeinsam mit führenden Schweizer Nano-Experten wie Empa-Direktionsmitglied Pierangelo Gröning eine Broschüre zu Nachhaltigkeit und Nanotechnologie herausgegeben und ruft darin zur öffentlichen Diskussion über Chancen und Risiken auf. Denn die Nanotechnologien werden langfristig nur Erfolg haben und einen Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung leisten, wenn sie keine zu grossen Risiken bergen. Die Broschüre kann als PDF heruntergeladen werden unter www.satw.ch/nano.

Informationstechnologie, Elektronik, Baumaterialien, Umwelttechnik, Energietechnik, Haushaltsgeräte, Textilien, Kosmetika, Nahrungsmitteln, Medizin – die möglichen Einsatzgebiete für Nanomaterialien sind fast grenzenlos. Bereits sind weltweit mehr als 1000 Produkte auf dem Markt, die Nanomaterialien enthalten. In den Nanowissenschaften gehören Schweizer Forschungsinstitute, so auch die Empa, zu den weltweit führenden. Nanomaterialien bieten dem Forschungs- und Industriestandort Schweiz grosse Chancen. Der wirtschaftliche Erfolg wird jedoch nur dann nachhaltig sein, wenn auch mögliche Risiken zuverlässig beurteilt werden können.

Chancen und Risiken ausloten

Die Projekte des vor kurzem gestarteten Nationalen Forschungsprogramms «Chancen und Risiken von Nanomaterialien» (NFP 64) sollen deshalb nicht nur die Chancen ausloten, die Nanomaterialien für Gesundheit, Umwelt und natürliche Ressourcen bieten, sondern auch mögliche Risiken. In einem NFP bearbeiten Forschende aus verschiedenen Disziplinen Projekte, die zur Lösung wichtiger Gegenwartsprobleme beitragen sollen. Die Schwerpunkte bestimmt der Bundesrat; durchgeführt werden die NFP vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF).

Das NFP 64 legt den Schwerpunkt auf synthetisch hergestellte Nanomaterialien. Als «Nanomaterial» gilt eine Verbindung, die mindestens in einer Dimension weniger als 100 Nanometer gross ist. Dabei sollen vor allem diejenigen untersucht werden, mit denen Mensch und Umwelt mit hoher Wahrscheinlichkeit in Berührung kommen. Eines der Ziele des NFP 64 ist denn auch, Grundlagen für «Werkzeuge» zu schaffen, mit denen sich die Auswirkungen von Nanomaterialien auf Mensch und Umwelt beurteilen und überwachen lassen.

Ende November 2010 hat der SNF aus 44 eingereichten Projektskizzen 17 bewilligt und für die ersten drei Jahre mit 6,3 Millionen Franken finanziert. Empa-Forschende leiten drei Projekte und sind an einem weiteren beteiligt. //





Empa, Juniorpartnerin am neuen IBM-Nanozentrum

Im Mai 2011 wird das neue Zentrum für Nanotechnologie auf dem Gelände des IBM-Forschungslabors in Rüschlikon eröffnet, also dort, wo vor 30 Jahren das Rastertunnelmikroskop entwickelt wurde. Das Zentrum, das rund 90 Millionen Franken kosten und von der IBM und der ETH Zürich gemeinsam betrieben wird, ist ein weiterer Meilenstein für den Nanotechnologie-Standort Schweiz. Als «Juniorpartnerin» wird auch die Empa dort forschen.

Insgesamt stehen an die 1000 Quadratmeter Reinraum sowie sechs so genannte geräuschfreie Labors zur Verfügung. Diese wurden acht Meter unter der Erde auf einem massiven Fundament gebaut und sind gegen Ausseneinflüsse komplett abgeschirmt. Das ist nötig, weil im Nanometerbereich sehr präzise gearbeitet werden muss und bereits geringe Temperaturschwankungen, Lärm, Vibration oder elektromagnetische Felder stören können.

Wie Nanotechnologie unsere Zukunft prägt

Um innovative Technologien effizient entwickeln, finanzieren und regulieren zu können, sind sorgfältige Entscheide gefragt, die auf neuesten Erkenntnissen beruhen. Das gilt auch für die Nanotechnologie. Die Swiss NanoConvention 2011 unterstützt Entscheidungsträger hierbei und bietet eine Plattform, um Führungspersönlichkeiten aus Forschung und Industrie, Schlüsselfiguren im Bereich Innovation und Technologie, Unternehmer, Investorinnen und Vertreter aus Verwaltung und Politik zusammenzubringen, Ideen zu diskutieren und auszutauschen – oder gar neue zu entwickeln. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer erhalten fundierte Informationen über eine der wichtigsten «emerging technologies» des 21. Jahrhunderts und deren Potenzial für innovative Ansätze, Produkte und Dienstleistungen. Parallel zur Swiss NanoConvention lädt die NanoPubli die breite Öffentlichkeit ein, sich in einer Ausstellung und in Vorträgen über die Welt des extrem Kleinen aus «erster Hand» zu informieren.

Zentrale Themen der Veranstaltung sind die grossen Herausforderungen unserer Zeit wie eine nachhaltige Energieversorgung und eine saubere Umwelt – Stichwort «Cleantech» –, die Zukunft der Medizin mit Nano-Therapeutika und -Diagnostika sowie die Entwicklung innovativer funktioneller Materialien und deren zahlreiche industrielle Anwendungen. Ein weiterer Schwerpunkt sind mögliche Risiken, in erster Linie von freien Nanopartikeln, und wie die Gesellschaft damit umgehen kann.

Kurzum: Die Swiss NanoConvention ist DAS Schaufenster für Nanotechnologie in der Schweiz, das gemeinsam vom «Who's who» der Schweizer Nano-Szene veranstaltet wird, und der ideale Ort, um die Vordenker und Treiber der Nanotechnologie zu treffen und kennen zu lernen.

Weitere Informationen inklusive Programm und Anmeldung unter www.swissnanoconvention.ch



Happy Birthday!

30 Jahre nach dem ersten erfolgreichen Experiment sind Rastertunnelmikroskope in Industrie und Forschung nicht mehr wegzudenken. Diese und ihre Weiterentwicklungen, die Rasterkraftmikroskope, können nicht nur einzelne Atome abbilden, sondern auch manipulieren. Damit nicht genug: Kombiniert mit anderen Messmethoden lassen sich bald auch «chemische Landkarten» in drei Dimensionen erstellen, die zeigen, wie Materialien Nanometer für Nanometer aufgebaut sind.

TEXT: Martina Peter / BILDER: Empa

In kleineren Dimensionen sind wir «blind». Denn das Auflösungsvermögen des menschlichen Auges beträgt «nur» 0,2 Millimeter. Der Mensch kann also zwei Punkte lediglich dann separat erkennen, wenn sie einen Abstand von mindestens 0,2 Millimeter haben. Für alles, was kleiner ist, braucht er optische Hilfen: Lupen und Mikroskope.

Optische Mikroskope sehen rund 1000-mal «besser» als das menschliche Auge, haben also eine Auflösung um die 0,2 Mikrometer. Weil der Durchmesser einzelner Atome jedoch bei 0,2 Nanometer liegt, genügt das nicht. Was tun, wenn nichts mehr zu sehen ist und die Orientierung schwierig wird? Ganz einfach: Die Umgebung ertasten. Genau dieses Prinzip machen sich Rastertunnelmikroskop («Scanning Tunneling Microscope», STM) und Rasterkraftmikroskop («Atomic Force Microscope», AFM) zu Nutze, um Oberflächen in atomarer Auflösung abzubilden.

«Lupen» für die Nanowelt

Im STM wird eine feine, elektrisch leitende Nadel, deren Spitze aus einem einzelnen Atom besteht, an die zu untersuchende Probe (die ebenfalls elektrisch leitend sein muss) herangeführt. Beträgt der Abstand nur noch einige Atomdurchmesser und wird dann eine Spannung angelegt, fließt – ohne dass sich Nadel und Probe berühren – ein elektrischer Strom, der so genannte Tunnel-

strom. Bei konstantem Tunnelstrom schiebt nun eine hoch präzise Mechanik die Spitze zig-Mal über die Probenoberfläche und rasiert sie Linie um Linie. Dabei «erfühlt» die Spitze die Elektronendichte der Probe, die gewöhnlich mit der Position der Atome korreliert. Die Auf- und Abbewegung, die sie dabei ausführt, um den Tunnelstrom konstant zu halten, wird vom Computer aufgezeichnet und in ein dreidimensionales Abbild der Oberfläche umgerechnet.

In den letzten 30 Jahren haben STM und Weiterentwicklungen davon die Forschungsinstitute weltweit erobert. Heutige Geräte liefern allerdings weit mehr als faszinierende Oberflächenbilder, sie können Atome und Moleküle manipulieren, etwa hin- und herschieben, zu Mustern anordnen und einiges mehr.

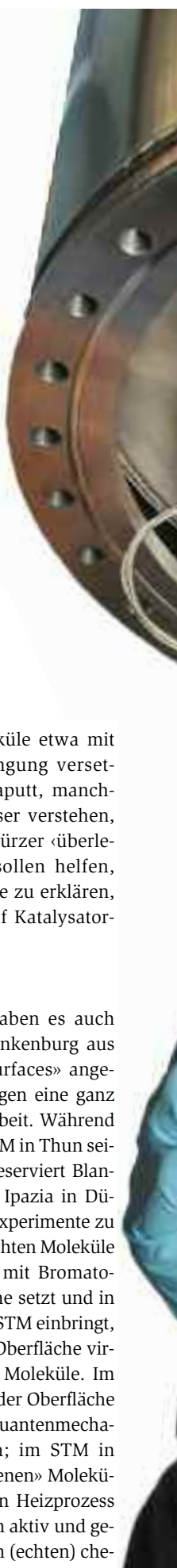
Rastertunnelmikroskope als Werkzeuge

An der Empa nützt beispielsweise der Chemiker Karl-Heinz Ernst das STM, um Moleküle in Bewegung zu versetzen. Er leitet die Forschungsgruppe «Molecular Surface Science» und hat sich auf Phänomene wie molekulare Selbstorganisation und Kristallisation spezialisiert. Er benützt dazu ein Ultrahochvakuum-Gerät, das bei Temperaturen um vier Kelvin, also nahe dem absoluten Nullpunkt arbeitet: «Mich interessiert, wie Moleküle auf Oberflächen herumzappeln, wenn wir sie kitzeln», scherzt Ernst, der auch Professor an der Universität

Zürich ist. «Wenn wir Moleküle etwa mit Tunnelelektronen in Schwingung versetzen, gehen sie manchmal kaputt, manchmal nicht. Wir möchten besser verstehen, warum sie mal länger, mal kürzer überleben.» Diese Erkenntnisse sollen helfen, komplexe chemische Prozesse zu erklären, wie sie sich zum Beispiel auf Katalysatoroberflächen abspielen.

Forschung im Tandem

Moleküle auf Oberflächen haben es auch Marco Bieri und Stephan Blankenburg aus der Abteilung «nanotech@surfaces» ange-tan. Die beiden Physiker pflegen eine ganz spezielle Art der Zusammenarbeit. Während Bieri am Ultrahochvakuum-STM in Thun seine Experimente durchführt, reserviert Blankenburg am Computercluster Ipazia in Dübendorf Rechnerzeit, um die Experimente zu simulieren. Derweil Bieri die echten Moleküle – Monomere funktionalisiert mit Bromatomen – auf eine Silberoberfläche setzt und in den eiskalten Probenraum im STM einbringt, «präpariert» Blankenburg die Oberfläche virtuell und platziert darauf die Moleküle. Im Rechner fangen Moleküle auf der Oberfläche an, sich nach Gesetzen der Quantenmechanik gegenseitig auszurichten; im STM in Thun beginnen die «tiefgefrorenen» Moleküle sich dank dem eingeleiteten Heizprozess langsam zu erwärmen, werden aktiv und gehen ebenfalls zaghaft die ersten (echten) chemischen Bindungen miteinander ein.





Dank grossem Know-how und viel Erfahrung ist die Empa in der Lage, auf höchstem Niveau neue Geräte und Messmethoden zu entwickeln.

Diese chemischen Reaktionen sind am STM ausserordentlich schwierig zu beobachten, da sie sich blitzschnell abspielen. Es braucht viel Erfahrung und Geduld, um sich auf der Oberfläche zu orientieren und zu erkennen, wie sich Muster und supra-molekulare Systeme bilden. Da die STM-Spitze nicht gleichbleibend optimal scharf ist und manchmal ungewollt Moleküle von der Oberfläche «aufpickt», entsprechen die Abbildungen nicht immer den realen Verhältnissen auf der Probe. Eine von Bieri Hauptaufgaben ist es, STM-Bilder mit allzu eintönigen Symmetrien ohne Unregelmässigkeiten als unechte Ergebnisse zu entlarven, so genannte Artefakte, die durch die Messmethode zustande kommen.

Über Skype-Videokonferenz erhält Marco Bieri Unterstützung vom Kollegen am Hochleistungsrechner. Blankenburg teilt ihm mit, was er gemäss Simulation sehen sollte. Im Gegenzug berichtet Bieri von unerwarteten Phänomenen, die Blankenburg wiederum in seinen Computer einspeist. Beispielsweise die höchst originelle Art und Weise, wie sich in der Natur während der Polymerisation eine Molekülkette in sich selbst verdreht.

Beide Wissenschaftler sind sich einig: Gemeinsam gelingt es viel schneller, experimentelle Daten zu interpretieren – und dabei erst noch neue Erkenntnisse beispielsweise über Reaktionsmechanismen komplexer chemischer Prozesse zu generieren. Seit

>>

rund einem Jahr nutzt das Team dieses Tandemverfahren, die Kombination von Experiment und Rechenpower. Und das mit grossem Erfolg: So beruht unter anderem ein viel zitierter Artikel, der diesen Sommer in der renommierten Wissenschaftszeitschrift «Nature» zum Thema Graphen-Nanobänder veröffentlicht wurde, auf dieser neuen Methode. (siehe EmpaNews 31)

25 Jahre Rasterkraftmikroskop

Auch bei einer der wichtigsten Weiterentwicklungen des STM, dem Rasterkraftmikroskop (AFM), spielt eine Spitze mit wenigen Nanometern Durchmesser die Hauptrolle. Während das STM den Tunnelstrom misst, zeichnet das AFM die Kraft auf, die wirkt, wenn die an einem Federbalken angebrachte Spitze über «Berge und Täler» der Probenoberfläche gleitet. Je nachdem, wie die Spitze geformt ist und in welchem Zustand sie sich befindet, können damit verschiedene physikalische Eigenschaften der Probe untersucht werden.

Hans Josef Hug, Leiter der Abteilung «Nanoscale Materials Science» und Physikprofessor an der Universität Basel, zählt einen ganzen «Zoo» von Kräften auf, die mit dem AFM erfasst werden können: von elektrostatischen und magnetischen über Van-der-Waals- und Casimir-Kräfte bis zu durch kovalente und ionische Bindungen erzeugte Kräfte. «Das Prinzip des AFM bringt uns auf vielen Gebieten weiter: Reibungskräfte erschliessen uns die Tribologie, magnetische Kräfte helfen uns, das Speichern elektronischer Daten zu optimieren, Informationen zur lokalen Härte oder lokalen Adhäsion vermitteln wichtige Aufschlüsse zu den mikro-mechanischen Eigenschaften von Materialien», so Hug. «An der Empa gibt es kaum eine Kraft, die wir nicht aufzeichnen können», fügt er augenzwinkernd an.

User Lab an der Empa

Quer durch die Empa arbeiten zahlreiche AFM- und STM-Fachleute, die ihr Wissen nicht nur den Kollegen und Kolleginnen «in house» zur Verfügung stellen. Die Türen des «Swiss Scanning Microscopy User Lab», kurz «SUL», stehen auch externen Kunden und Partnern offen. Mit einem ganzen Park von AFMs können sie Topografien untersuchen und lokale Reibung messen sowie etwa Kontaktpotenziale und lokale mechanische Eigenschaften ihrer Materialien ergründen. Ob in Eigenregie oder begleitet – für jeden gibt es eine massgeschneiderte Lösung.

«Genährt wird dieses Fachwissen durch unsere Forschung», betont Hug. Die Empa sei wie geschaffen, auf höchstem Niveau

neue Geräte und Messmethoden zu entwickeln. «Nur so können wir an der Spitze mithalten und auch künftige Ansprüche der Anwender erfüllen und deren Fragen kompetent beantworten», ist er überzeugt.

Neue Instrumente entwickeln

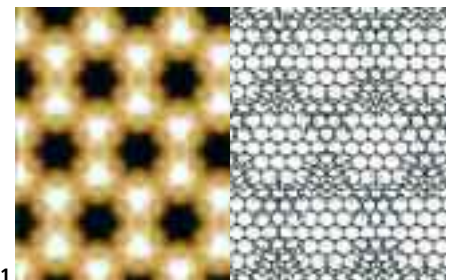
Dafür müssen Grenzen überschritten werden: «AFM und STM sind ja eigentlich keine Instrumente für die chemische Analyse», stellt Hug fest. «Wenn wir nicht bekannte Atome oder Moleküle auf eine wohldefinierte Oberfläche aufbringen, sagen uns AFM und STM nicht von sich aus, was sie dort «sehen.» Im Projekt «NanoXAS» möchten Empa-Forschende deshalb gemeinsam mit Kollegen vom Paul Scherrer Institut diesen Mangel beheben. Dazu kombinieren sie zwei Messmethoden miteinander: Die Röntgenabsorptionsanalyse zeigt, welche chemischen Elemente im untersuchten Bereich vorhanden sind, und das AFM bestimmt die Topografie und andere lokale Eigenschaften der Probe. Dadurch entstehen beinahe nanometergenaue «chemische Landkarten» eines Materials. Und mit diesen hoffen die Forschenden, einst Materialien für künftige Anwendungen gezielt verbessern zu können, etwa leistungsfähigere Digitalkameras mit einem deutlich grösseren Datenspeicher als heute üblich.

Hug schweben noch zahlreiche weitere Ideen vor, und wenn er davon erzählt, blitzt Pioniergeist auf: «Wir haben gelernt, mit STM und AFM abzubilden und auf atomarer Ebene zu manipulieren. Doch nun sollten wir damit auch in Gebiete vorstossen, die wir bis anhin nicht untersuchen konnten», meint er. «In der Nanowelt «fassen» wir zum Beispiel Dinge an, ohne zu spüren, wie stark wir mit unseren «Nanohänden» zupacken. Das müssen wir überwinden.»

Deshalb hat sein nächstes EU-Projekt aus dem 7. Forschungsrahmenprogramm namens MDSPM («Multidimensional Scanning Probe Microscopy») das Ziel, ein AFM zu entwickeln, das simultan vertikale (senkrechte) und laterale (seitliche) Kräfte in schier unvorstellbarer Feinheit messen kann. Es erkennt Differenzen im Bereich um ein Millionstel Nano-Newton. Damit könne sich womöglich unser Verständnis davon, wie chemische Reaktionen ablaufen oder wie Energie durch Reibung «verloren» geht, radikal ändern, mutmasst Hug. //

1
Brom-Polymer-Verbindungen auf einer Silberoberfläche. Experiment im Rastertunnelmikroskop und Simulation.

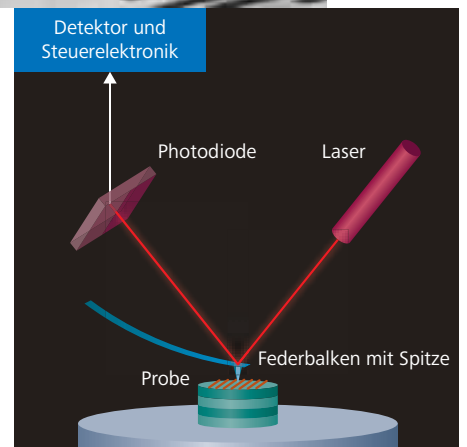
2
Die Grafik zeigt die Funktionsweise eines Rasterkraftmikroskops (AFM): Ein Federbalken (siehe Aufnahme oben) rastert die Oberfläche.



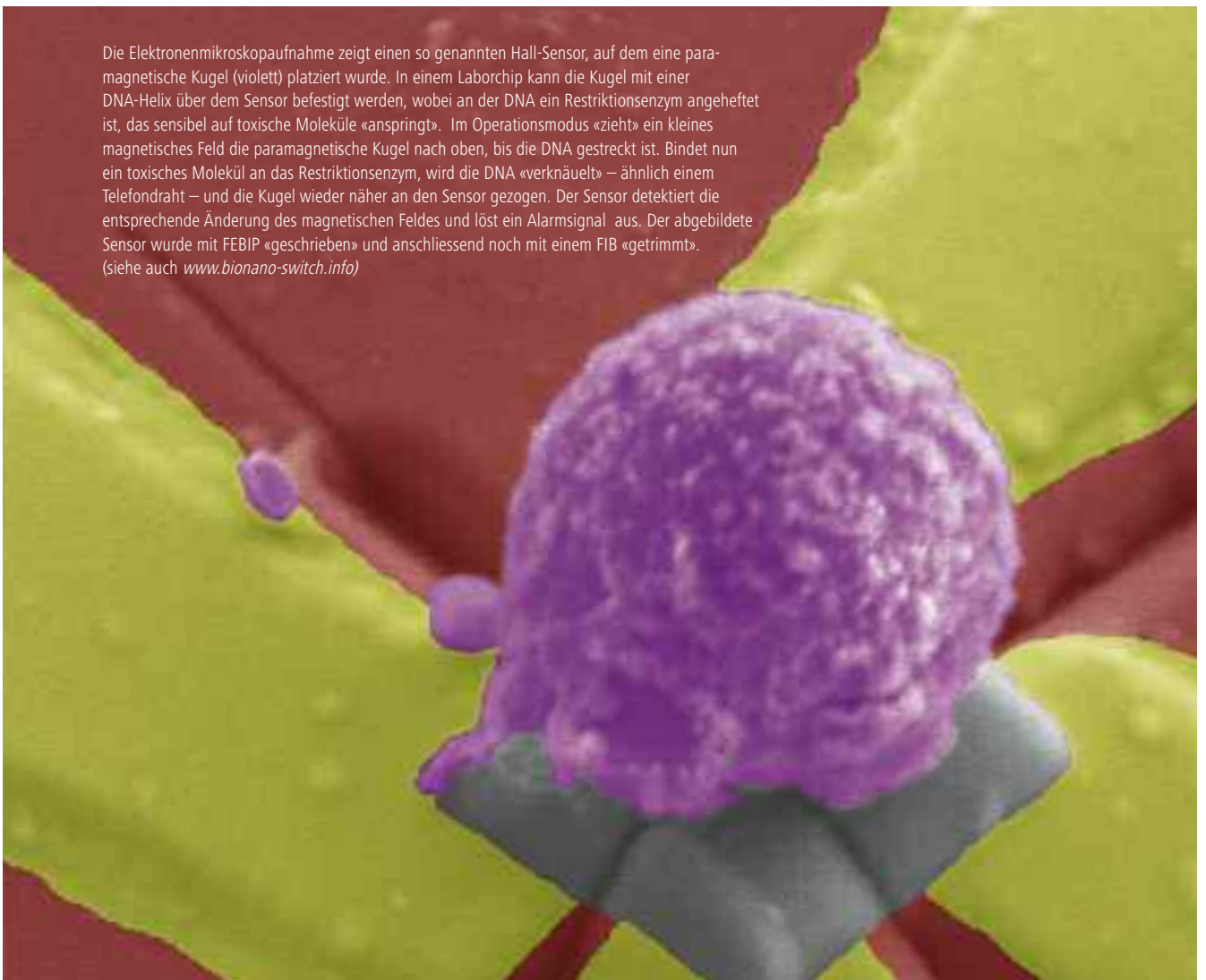
1



2



Die Elektronenmikroskopaufnahme zeigt einen so genannten Hall-Sensor, auf dem eine paramagnetische Kugel (violett) platziert wurde. In einem Laborchip kann die Kugel mit einer DNA-Helix über dem Sensor befestigt werden, wobei an der DNA ein Restriktionsenzym angeheftet ist, das sensibel auf toxische Moleküle «anspringt». Im Operationsmodus «zieht» ein kleines magnetisches Feld die paramagnetische Kugel nach oben, bis die DNA gestreckt ist. Bindet nun ein toxisches Molekül an das Restriktionsenzym, wird die DNA «verknäuel» – ähnlich einem Telefondraht – und die Kugel wieder näher an den Sensor gezogen. Der Sensor detektiert die entsprechende Änderung des magnetischen Feldes und löst ein Alarmsignal aus. Der abgebildete Sensor wurde mit FEBIP «geschrieben» und anschließend noch mit einem FIB «getrimmt». (siehe auch www.bionano-switch.info)

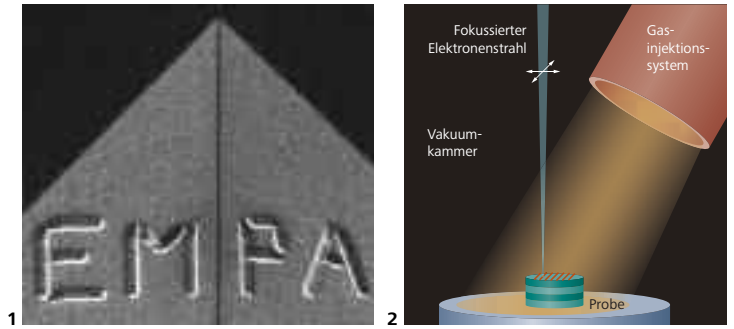


Chemie mit Elektronenstrahlen

Fokussierte Elektronenstrahlen werden in Elektronenmikroskopen eingesetzt, um winzig kleine Objekte sichtbar zu machen. Dies sind heute Routineuntersuchungen. Neueren Datums ist allerdings, Elektronenstrahlen für chemische Reaktionen zu nutzen. So können nanometerfeine Oberflächenstrukturen «geschrieben» werden. Empa-Forschende perfektionieren diese Technologie und suchen nach immer neuen Einsatzgebieten.

TEXT: Beatrice Huber / BILDER: Empa

Instrumente wie Elektronenmikroskop, Rastertunnelmikroskop und Rasterkraftmikroskop haben den Blick in die Welt des Kleinen geöffnet und so der Forschung und der Industrie überhaupt erst ermöglicht, gezielt nanometerfeine Strukturen zu bauen. Doch diese Instrumente können mehr. So kann das Elektronenmikroskop auch für Chemie eingesetzt werden. Dabei werden zu einer Probe, die sich bereits in der Vakuumkammer des Mikroskops befindet, zusätzlich geeignete Gasmoleküle injiziert. Diese lagern sich reversibel auf der Probe ab. Der fokussierte Elektronenstrahl,



der sonst dazu dient, die Objekte sichtbar zu machen, katalysiert nun chemische Reaktionen der Gasmoleküle und zwar nur dort, wo er auftrifft. Die entstehenden nichtflüchtigen Fragmente bleiben dann dauerhaft auf der Probe. Der Elektronenstrahl bewegt sich nach einem programmierten Muster und «schreibt» so eine dreidimensionale Oberflächenstruktur.

Klein, minimal-invasiv, direkt

Diese Verfahren heissen in der Fachsprache FEBIP, was für «Focused Electron Beam Induced Processes» steht, also Prozesse, die durch einen fokussierten Elektronenstrahl induziert werden. Das Team um den Empa-Forscher Ivo Utke hat sich auf FEBIP spezialisiert und nutzt diese als extrem flexible Fabrikationsmethoden für das Prototyping von Nanobauteilen, um konkrete Fragen und Probleme aus der angewandten Nanoelektronik, Nanophotonik sowie Nanobiologie zu lösen. Die Gruppe arbeitet ständig daran, FEBIP zu verfeinern und neue Einsatzgebiete zu erschliessen. «Mit Hilfe des fein positionierbaren Elektronenstrahls lassen sich Oberflächenstrukturen nanometergenau und in nahezu beliebigen dreidimensionalen Formen entfernen und auftragen», sagt Utke. «Dass sie minimal-invasiv sind, macht FEBIP besonders attraktiv.»

FEBIP weisen noch weitere entscheidende Vorteile auf: So lassen sich die Strukturen in einem einstufigen Prozess platzieren, formen und herstellen. Das ist bei anderen Verfahren nicht der Fall: Oft sind dort mindestens drei Stufen nötig. Zuerst wird eine «Schablone» auf der Probe platziert, dann das Material für die Struktur aufgetragen. Und am Schluss muss die Schablone wieder entfernt werden.

Nanostrukturen stabilisieren Laser

«Vertical Cavity Surface Emitting Laser», kurz VCSELs, sind Halbleiterlaser, die häufig in der Datenübertragung eingesetzt werden, beispielsweise für Kurzstreckenverbindungen wie Gigabit-Ethernet. Diese Laser wären bei Telekomfirmen beliebt, weil sie wenig Energie verbrauchen sowie einfach und in Stückzahlen von mehreren tausend auf einem einzelnen Wafer produziert werden können.

Langwellige VCSELs, das heisst VCSELs, die im Wellenlängenbereich über 1300 Nanometern arbeiten, können jedoch eine Schwäche aufweisen. Aufgrund der zylindrischen Struktur, in der die Laser auf dem Wafer aufgebaut werden, kann die Polarisation des ausgesendeten Lichts während des Betriebs ändern. Polarisation ist eine Eigenschaft gewisser Wellen, so auch der Lichtwelle, und beschreibt die Richtung ihrer Schwingungen. Eine stabile Polarisation wäre nötig, um VCSELs in optische Systeme wie Lichtwellenleiter einzubauen. Empa-Forschende konnten zusammen mit Wissenschaftlern des Laboratory of Physics of Nanostructures an der EPFL und deren Spin-off BeamExpress Abhilfe schaffen. «Wir haben mit dem Elektronenstrahl flache Gitterstrukturen auf die VCSELs geschrieben», beschreibt Utke ihre Lösung. «Die Gitter konnten die Polarisation effektiv stabilisieren.»

Suche nach der perfekten Zusammensetzung

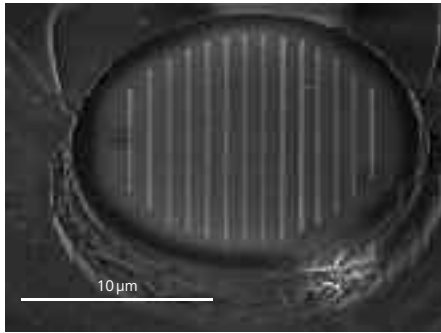
Genauso wichtig wie konkrete Anwendungen ist für die Wissenschaftler um Ivo Utke, FEBIP zu verfeinern und weiterzuentwickeln. Zentral dabei ist, die physikalisch-chemischen Prozesse in der Vakuumm-kammer zu verstehen und damit für die gezielte Materialsynthese kontrollieren zu können.

Dies gelang etwa im Falle eines so genannten Hall-Sensors, der weniger als ein Mikrometer gross ist. Diese Sensoren – benannt nach dem US-amerikanischen Physiker Edwin Hall – dienen vor allem dazu, Magnetfelder von kleinen (para)magnetischen Kugeln zu messen. Diese Kugeln werden zum Beispiel mit geeigneten biologischen Substanzen funktionalisiert, um mit anderen Biomolekülen, zum Beispiel Antikörpern, reagieren zu können. Dieses Konzept wird weltweit momentan vor allem für die Diagnostik von Krankheiten erforscht. Dazu soll ein gesamtes medizinisches Labor auf einen ungefähr fingergrossen Chip – den so genannten Lab-on-Chip – integriert werden. Das Forschungsteam, an dem auch das Zentrum für Elektronenmikroskopie der Empa beteiligt war, untersuchte, wie die Leistung eines Hall-Sensors ändert, wenn die aufgebracht Oberflächenstrukturen aus Kobalt und Kohlenstoff in unterschiedlichen Verhältnissen bestehen. Dazu wurde in der Vakuumm-kammer ein Gasinjektionssystem mit zwei Gasen verwendet – eines für Kobalt, eines für Kohlenstoff. Ziel war natürlich, das beste Verhältnis zu finden. Dieses lag bei einem Kobalt-Anteil von rund 65 Prozent. Fast noch bedeutender jedoch war die Erkenntnis, wie sich das Verhältnis kontrollieren lässt. Dies gelang, indem ein gepulster Elektronenstrahl eingesetzt wurde. Dabei zeigte sich, dass das Verhältnis durch die Pulsdauer bestimmt wird. Die Kontrolle wird also durch einen einfachen physikalischen Parameter erreicht, nämlich die Zeit.

Verschiedene Verfahren geschickt kombinieren

Die Empa-Forschenden versuchen auch, verschiedene Methoden in der Vakuumm-kammer zu kombinieren. Dies hat den Vorteil, dass die Proben nicht mehrmals in die Vakuumm-kammer eingeführt beziehungsweise herausgeholt werden müssen, beides zeitraubende Vorgänge.

Nanodrähte aus Halbleitermaterialien wie Silizium sollen in der Nanoelektronik, der weiteren Verkleinerung der Mikroelektronik, genutzt werden, um winzige elektronische Komponenten zu ebenfalls winzigen Schaltkreisen zu verknüpfen. Es ist allerdings alles andere als trivial, einzelne Nanodrähte an definierten Stellen auf vorstrukturierten Substraten herzustellen. Bislang entstanden häufig Knäuel, aus denen einzelne Drähte dann herausgepickt werden müssen. Das Empa-Team hat nun zusammen mit Forschenden des Max-Planck-Instituts für Mikrostrukturphysik, des Instituts für photonische Technologien und des Max-Planck-Instituts für die Physik des Lichts drei Methoden kombiniert: Fokussierter Ionenstrahl (FIB), Fokussierter Elektronenstrahl (FEBIP) sowie Vapor Liquid Solid (VLS, zu Deutsch dampfförmig flüssig fest).



3

1,2

Prinzip des lokalen Abscheidungsprozesses, der durch einen fokussierten Elektronenstrahl induziert wird (kurz FEBIP): Gasmoleküle aus einem Gasinjektionssystem lagern sich reversibel auf der Oberfläche einer Probe ab. Der fokussierte Elektronenstrahl induziert chemische Reaktionen der Gasmoleküle. Die entstehenden nichtflüchtigen Verbindungen lagern sich dann dauerhaft auf der Probe ab. So entsteht eine Nanostruktur – zum Beispiel der Schriftzug Empa –, die durch die Bewegungen des Elektronenstrahls geschrieben wird.

3

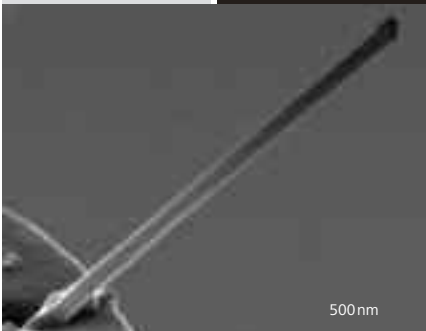
Elektronenmikroskopaufnahme eines «Vertical Cavity Surface Emitting Laser», kurz VCSEL, auf den mit einem FEBIP ein Polarisationsgitter «geschrieben» wurde. VCSELS sind Halbleiterlaser, die häufig in der optischen Datenübertragung eingesetzt werden.

4

Auf einem Federbalken, der in Rasterkraftmikroskopen zum Einsatz kommt, wächst ein einzelner Nanodraht. Dafür wurden drei Methoden kombiniert: Zuerst «bohrt» ein fokussierter Ionenstrahl ein Loch, dann wird mit FEBIP eine winzige Menge Katalysator im gebohrten Loch platziert, woraus mit Hilfe der so genannten VLS-Methode (Vapor Liquid Solid, zu Deutsch dampfförmig flüssig fest) ein Nanodraht herauswächst.



4



Mit fokussierten Ionenstrahlen lassen sich ähnlich wie mit fokussierten Elektronenstrahlen Objekte nicht nur sichtbar machen, sondern auch Strukturen auf einer Oberfläche bilden. Da die schweren Ionen direkt Atome aus der Oberfläche schlagen können, sind für diesen Abtrageprozess – im Unterschied zu FEBIP – keine zusätzlichen Gasmoleküle nötig. VLS ist eine gebräuchliche Synthesemethode für Nanodrähte. Dabei wird das Ausgangsmaterial der Drähte gasförmig zugegeben und scheidet an einem kleinen Katalysator ab, meist einem «Tropfen» aus flüssigem Metall, beispielsweise Gold. Dort kristallisiert das Material und der Draht beginnt zu wachsen.

Die Wissenschaftler haben zunächst mit einem fokussierten Ionenstrahl an geeigneter Stelle ein Loch «gebohrt». In dieses «pflanzte» dann ein fokussierter Elektronenstrahl eine winzige Goldmenge, die als VLS-Katalysator diente. Im dritten Schritt wurde Silan, eine gasförmige Siliziumverbindung, zugeführt und einzelne Nanodrähte, bestehend aus reinem kristallinem Silizium, begannen aus den Löchern herauszuwachsen. Der letzte Schritt fand für diese Versuche in einer anderen Wachstumskammer statt, könnte aber – mit Hilfe von heizbaren Proben-tischen – im Prinzip auch in das Elektronenmikroskop integriert werden.

Chemie mit Elektronenstrahlen hat ein grosses Potenzial. Da ist sich Ivo Utke sicher. «FEBIP könnten schon bald zu einer echten Nanofabrikationsplattform werden, um minimal-invasiv und direkt Nano-strukturen herzustellen, ohne dass die durchaus grossen Investitionen eines Reinraums nötig wären.» //

Literaturhinweis

- «Klein, minimal-invasiv, direkt: Elektronen induzieren lokale Reaktionen adsorbierter funktioneller Moleküle auf der Nanometerskala», Ivo Utke und Armin Götzhäuser, *Angewandte Chemie* 122 (49) 9516 (3pp)2010, DOI: 10.1002/ange.201002677
- «Tunable Nanosynthesis of Composite Materials by Electron-Impact Reaction», L. Bernau, M. Gabureac, R. Erni, I. Utke, *Angewandte Chemie International Edition* 49(47), (2010) 8880 (5pp), DOI: 10.1002/anie.201004220
- «Granular Co-C nano-Hall sensors by focused-beam-induced deposition», M. Gabureac, L. Bernau, I. Utke, G. Boero, *Nanotechnology* 21 (2010) 115503 (5pp), DOI: 10.1088/0957-4484/21/11/115503
- «Minimally-invasive catalyst templating on pre-structured surfaces for local VLS-growth of individual silicon nanowires», M. G. Jenke, D. Leroche, J. Michler, S. Christiansen, I. Utke, submitted to *Nanoletters*, 2011.
- «High speed telecommunication laser polarisation stabilisation by minimally-invasive focused electron beam triggered chemistry», I. Utke, M. Jenke, C. Roeling, P. H. Thiesen, V. Iakovlev, A. Syrbu, A. Mereuta, A. Caliman, E. Kapon, *Nanoscale*, DOI:10.1039/C1NR10047E, 2011.

Buchhinweis

- «Nanofabrication using focused ion and electron beams: principles and applications», Editors I. Utke, S. Moshkalev, P. Russels, Oxford Series on Nanomanufacturing. N.Y., Oxford University Press (2011 forthcoming). ISBN 9780199734214

Kunstrasen mit Stehauf-Qualität

«Weiche» Schale, «harter» Kern – einmal umgekehrt. Neuartige Fasern ermöglichen einen Kunstrasen, der selbst höchsten Fussballansprüchen gerecht wird. Empa-Forschende haben zusammen mit dem Schweizer Kunstrasenhersteller TISCA TIARA eine Bikomponentenfaser entwickelt, die sich dank ihrem harten Kern immer wieder aufrichtet und aufgrund ihrer weichen Hülle Hautschürfungen und Verbrennungen bei Stürzen vermeidet.

TEXT: Nadja Kröner / BILDER: Empa, TISCA TIARA

4

Draussen ist es kalt und nass oder es hat geschneit. Nicht gerade die Jahreszeit zum Fussballspielen. Oder doch? Dank Kunstrasensystemen ist das Spielen bereits seit Jahrzehnten auch im Winter möglich. Das künstliche Grün ist robust und allwettertauglich. Dennoch mag sich der eine oder die andere noch an manch schmerzhaftem Verletzungserinneren, die er/sie sich auf Kunstrasen zuzog. Dessen erste Generation war aus Polyamidfasern hergestellt, einer Polymerfaser mit hervorragender Erholungsfähigkeit, die immer schön aufrecht steht. Doch genau diese widerstandsfähigen Fasern führten bei Stürzen häufig zu Verbrennungen und Schürfungen.

Daher bestanden Fasern der zweiten Generation aus Polyethylen, das sich deutlich hautfreundlicher verhielt. Doch auch diese Fasern zeigten in der Praxis einen beträchtlichen Mangel: Das Rückstellvermögen war sehr schlecht. Im Laufe der Zeit führte die Belastung der Fasern zu einem regelrecht platten Spielfeld. Das war nicht nur optisch unschön, die «umgeknickten» Kunsthalme veränderten auch die Bepielbarkeit des Rasens. Daraufhin wurde versucht, die Halme mit Sand oder Granulat zu stützen. Heutzutage sind Rasen mit Granulatfüllung weit verbreitet.

Moderne Kunstrasen wie «SPORTISCA» der Firma TISCA TIARA, einem Produzenten textiler Bodenbeläge, bestehen mittlerweile aus drei Faserschichten und erreichen so ein relativ hohes Rückstellvermögen. Weil die fehlende Formstabilität der Polyethylenfasern bereits in der Produktion Probleme bereitete, gelangte die Appenzeller Firma an die Empa, um nach Lösungen zu suchen. «Die Anforderungen an einen Kunstrasen sind sehr vielfältig», so Andreas Tischhauser,

Marketingverantwortlicher von TISCA TIARA. «So wollen zum Beispiel Fussballer einen besonders weichen Rasen und Bauherren einen sehr langlebigen. Und selbstverständlich muss er auch noch den ökologischen Ansprüchen genügen.»

Entwicklung mit vielen Herausforderungen

Schnell wurde klar, dass eine komplett neue Faser entwickelt werden musste. Diese sollte sowohl ein gutes Rückstellvermögen als auch ein optimales Gleitreibungsverhalten aufweisen. Zwei Eigenschaften, zwei Komponenten, dachte sich Rudolf Hufenus von der Abteilung «Advanced Fibers». Im Innern sollte die Faser demnach einen harten Polyamidkern enthalten, umgeben von einer reibungsarmen Hülle aus Polyethylen.

Mit Unterstützung des Modellierungs-Experten Christian Affolter von der Abteilung «Mechanical Systems Engineering» wurden verschiedene Querschnitte modelliert, die die gewünschten Anforderungen optimal erfüllen.

Doch die Entwicklung der neuen Faser war keine leichte Aufgabe, wie sich im Rahmen eines von der Förderagentur für Innovation KTI finanzierten Projektes bald herausstellte. «Zur Halbzeit lagen wir deutlich hinter unserem Projektplan zurück», so Hufenus. Das Problem: Die Modellierung aller der verschiedenen Querschnitte war deutlich komplexer als angenommen und nahm mehr Zeit in Anspruch als gedacht. Eingabeparameter für die Modellierung waren Querschnittsgeometrie der Faser und Materialeigenschaften der beiden Polymere, die mit mechanischen Prüfungen ermittelt wurden. Auch die Beanspruchung



2



1



3



der Faser, also wie sie gebeugt werden sollte, war Teil der Modellierung. Aus diesen Daten resultierte letztlich die Simulation des Spannungs- und Dehnungsverhalten der Faser.

Eine weitere Herausforderung war zudem, dass für die Pilot-Spinnanlage der Empa zusammen mit dem «Institute for rapid product development» (irpd) der ETH Zürich ein neuer Spinnkopf entwickelt werden musste. Das Spezielle an diesem Spinnkopf war, dass die beiden Polymere mit verschiedenen Temperaturen prozessiert werden konnten. Grund für den Bau bildete die Annahme, dass die zwei verwendeten Polymere bei unterschiedlichen Temperaturen extrudiert werden müssten. Im Laufe des Projektes stellte sich aber heraus, dass dies nicht notwendig ist.

Auch die industrielle Produktion der Faser erwies sich als Herausforderung, da es dafür ganz bestimmte, auf Kunstrasenfasern spezialisierte Spinnanlagen braucht. Diese sind in der Regel keine Bikomponentenanlagen. «Nach sehr intensiver Überzeugungsarbeit hat sich dann der hinzugezogene Faserhersteller aus Deutschland bereit erklärt, seine Spinnanlage entsprechend umzubauen», so Hufenus. Von der Planung bis zum Bau verging gut ein Jahr.

Mit «Trial and Error» zur optimalen Faser

Selbst bei Projektabschluss, als die fertige Faser schon vorlag, ergab sich noch eine Schwierigkeit: Die Fasern bestanden den so genannten Lisport-Test nicht, mit dem die Verschleissfestigkeit geprüft wird. Hülle und Kern der Bikomponentenfasern lösten sich unter Belastung mit der Zeit voneinander. TISCA TIARA hat dann mit beratender Unterstützung von Hufenus die

Faser weiter optimiert. «Wir gingen nach dem Trial-and-Error-Prinzip vor, indem wir einfach solange ausprobierten, bis wir den bestmöglichen Querschnitt gefunden hatten», so Tischhauser.

Doch schliesslich war es soweit; mit viel Geduld war es gelungen, einen optimalen Querschnitt zu schaffen: Statt nur eines dicken Kerns hat die Faser nun fünf dünne Kerne. Die Stehauf-Qualität der Fasern ist über Jahre gewährleistet, wie ein erneuter Lisport-Test zeigen konnte. «Wir sind die Ersten, die ein solches Projekt von der Faserentwicklung bis zum fertig verlegten Rasen durchgezogen haben», erklärt Hufenus stolz. Auch Tischhauser freut sich: «Wir konnten es fast nicht glauben, dass es auf einmal gelungen war.»

Der Rasen, der seinem Vorbild Naturrasen optisch sehr nahe kommt, wurde bereits auf zwei Fussballfeldern verlegt, in Ecublens bei Lausanne und in Bürglen, Kanton Thurgau – und das zur vollsten Zufriedenheit der Spieler und Spielerinnen. «Damit sind die grundlegenden Anforderungen unseres Industriepartners TISCA TIARA an eine neue Kunstrasenfaser erfüllt», sagt Hufenus.

Eine FIFA-Zertifizierung ist jedoch kein Thema, denn die zurzeit gültigen Normen hinken der Entwicklung hinterher und geben faktisch nur Kunstrasen mit Granulatfüllung eine Chance. Am Markt dürfte sich der neue Kunstrasen aufgrund seiner deutlich besseren Eigenschaften trotzdem durchsetzen, da die meisten Fussballplätze keine FIFA-Zertifizierung benötigen. Zudem ist es für die Mannschaften wichtiger, dass sie auch bei grauem und nassem Wetter oder bei Schnee spielen und vor allem trainieren können als auf einem zertifizierten Rasen. //

1

Hautverletzung eines Fussballspielers, verursacht durch starre Polyamidfasern.

2

Kunstrasen aus Polyethylen: Andauernde Belastung hinterlässt umgeknickte Fasern – neben beeinträchtigter Spielbarkeit auch ein optisches Ärgernis.

3

Die Rasenbahnen werden mit PU-Leim auf einem Klebstoffträger verbunden, sodass das ganze Feld schwimmend verlegt werden kann.

4

Diese Fasern sind durch ihren Polyamidkern stabil und aufgrund ihrer Polyethylenhülle hautfreundlich.



Auf Industrie getrimmt

Kleidung muss heutzutage einiges können, sei es Feuchtigkeit für einen besseren Tragkomfort durchlassen oder im Gegenteil zum Schutz vor Regen wasserdicht sein. Um Textilien mit den gewünschten Eigenschaften auszustatten, sucht die Industrie nach immer neuen Verfahren. Beispielsweise die Plasmatechnologie. Die Empa hat zusammen mit Industriepartnern diese Technologie nun industriell für den Textilsektor anwendbar gemacht. Erste Produkte sind bereits in Entwicklung.

TEXT: Beatrice Huber



2



3

Textilien aus synthetischen Materialien haben den Nachteil, dass sie in der Regel nur mässig benetzbar sind und deshalb noch «veredelt» werden müssen. Je nach gewünschter Endanwendung geht es darum, die Textilien entweder wasserdurchlässiger – hydrophiler – oder wasserabweisender – hydrophober – zu machen. Hydrophilierung erhöht den Tragkomfort von Textilien, da dadurch der Schweiß besser durch die Bekleidung gelangen kann. Werden Textilien bedruckt, müssen sie vorgängig hydrophiliert werden; ansonsten hält die Farbe nicht. Hydrophobiert wird Bekleidung, die gegen Wasser, beispielsweise Regen, schützen soll.

Seit Jahrzehnten sucht die Textilindustrie nach besseren Verfahren, Gewebe entweder hydrophiler oder hydrophober zu machen. Denn den bislang gängigen nasschemischen Methoden mangelt es beispielsweise an Wasch- und Tragebeständigkeit. Zudem verändern sie die textilen Eigenschaften, vor allem den Griff. Und zu guter Letzt verbrauchen sie auch noch sehr viel Energie und Wasser.

Plasma: Aus der Mikroelektronik für Textilien

Als Alternative bietet sich die Plasmatechnologie an, die beispielsweise in der Mikroelektronik seit langem zum Beschichten von Wafern eingesetzt wird. Ihr Vorteil: Sie ist trocken und umweltfreundlich. Niederdruck-Plasmaverfahren galten bislang jedoch als zu teuer für Textilien. Dies könnte sich nun ändern. Die Empa-Abteilung «Advanced Fibers», die seit einiger Zeit an dieser Technologie forscht und eine Pilotanlage betreibt, hat sich in einem von der Förderagentur für Innovation KTI finanzierten Projekt mit sechs Textilfirmen sowie dem Nano-Cluster Bodensee (NCB, siehe Kasten) zusammengeschlossen, um Eignung, aber auch Wirtschaftlichkeit der Plasmatechnologie für die Textilbranche genauer abzuklären. «In der Branche bestand schon lange Interesse an der Plasmatechnologie. So wurde auch in einer Fokusgruppe des Nano-Cluster Bodensee intensiv darüber diskutiert. Aus diesen Gesprächen entstand dann das Projekt», sagt Sébastien Guimond, Projektleiter für die Empa.

Für die Plasmatechnologie dienen Gase als Ausgangsstoffe. Sie werden in einer Vakuumkammer durch Anlegen einer Spannung zunächst zu einem Plasma angeregt. Diese aktivierten Moleküle lagern sich dann auf einem Substrat – etwa Textil – in einer nur wenige Nanometer dünnen Schicht ab. Dies hat den Vorteil, dass textile Eigenschaften wie Griff nicht beeinträchtigt sind.

1
Textilien sollen unterschiedliche Aufgabe erfüllen. Dazu zählt etwa der Schutz vor Nässe. (Bild: iStock)

2
Synthetische Textilien sind in der Regel mässig benetzbar, wie in der Mitte dargestellt. Daher müssen sie häufig entweder hydrophiliert (links) oder hydrophobiert (rechts) werden. (Bild: Empa)

3
Die Empa-Abteilung «Advanced Fibers» hat zusammen mit sechs Textilfirmen sowie dem Nano-Cluster Bodensee die Plasmatechnologie industriell für den Textilssektor anwendbar gemacht. Die Pilotanlage der Empa bildete dabei den entscheidenden Faktor für den Transfer vom Labor- in den Industriemassstab. (Bild: Empa)



Mehrere Stufen der Wertschöpfungskette abgedeckt

Die Projektpartner decken zusammen mehrere Stufen der textilen Wertschöpfungskette ab: Die Pilotanlage der Empa ergänzte sich – schon fast ideal – mit der industriellen Plasmaanlage der österreichischen Textilveredelungs GmbH Grabher Günter, die darauf Textilien für die beteiligten Schweizer Firmen Christian Eschler AG, AG Cilander, Sefar AG, Bezema AG und Bischoff Textil AG veredelte. Der NCB übernahm das Management des Projekts und erarbeitete ein Kostenmodell.

Die gesetzten Ziele wurden alle erreicht und somit das Projekt zu einem vollen Erfolg. Sämtliche Plasma-Beschichtungen, die das Empa-Team mit Sébastien Guimond, Barbara Hanselmann und Dirk Hegemann neu entwickelt hat, führten dazu, dass die Hydrophilierung der Textilien sich deutlich langlebiger und waschfester erwies als bei den bisherigen Methoden, wie Langzeit-Labortests ergaben. Bereits wurden zwei Beschichtungsverfahren erfolgreich von der Pilotanlage der Empa auf die Industrieanlage von Grabher transferiert und eine weitere Beschichtung dort optimiert.

Robuste Verfahren für die Industrie entwickelt

Prozesse, die sich in der Industrie bewähren sollen, müssen robust sein, das heisst ohne grosse Störungen Tag und Nacht laufen. Daran ist schon so manche Idee aus dem Labor gescheitert. Eines der Projektziele war daher explizit, dass die Prozesse auch in der oft rauen Industrieumgebung bestehen. Das Resultat kann sich sehen lassen: Die eingesetzten Materialien liessen sich auf beiden Anlagen, also auf der Pilotanlage und der Industrieanlage, zuverlässig und reproduzierbar verarbeiten. Und auch bei den Kosten konnte das Niederdruck-Plasmaverfahren mit konventionellen Verfahren mithalten.

Neben der «einfachen» Überführung der Plasmatechnologie in den Textilbereich sollte das Projekt aber auch das Wissen über diese neue Technologie in der Branche vertiefen helfen. Die Empa-Fachleute untersuchten daher systematisch Plasmabehandlungen mit verschiedenen Gasmischungen, textilen Materialien und Oberflächenstrukturen. «Damit können wir nun erstmals klare Aussagen bezüglich Wirksamkeit verschiedener Plasmaverfahren machen und die Plasmaparameter entsprechend einstellen», so Guimond. Das Projekt führte zu Resultaten, die die Beteiligten begeisterten. Bereits lassen zwei der beteiligten Firmen nun Textilien mit Plasmatechnologie veredeln und wollen in den nächsten Jahren entsprechende Produkte auf den Markt bringen. Auch die Förderagentur KTI betrachtet das Projekt als Erfolgsgeschichte. //

Nano-Cluster Bodensee NCB

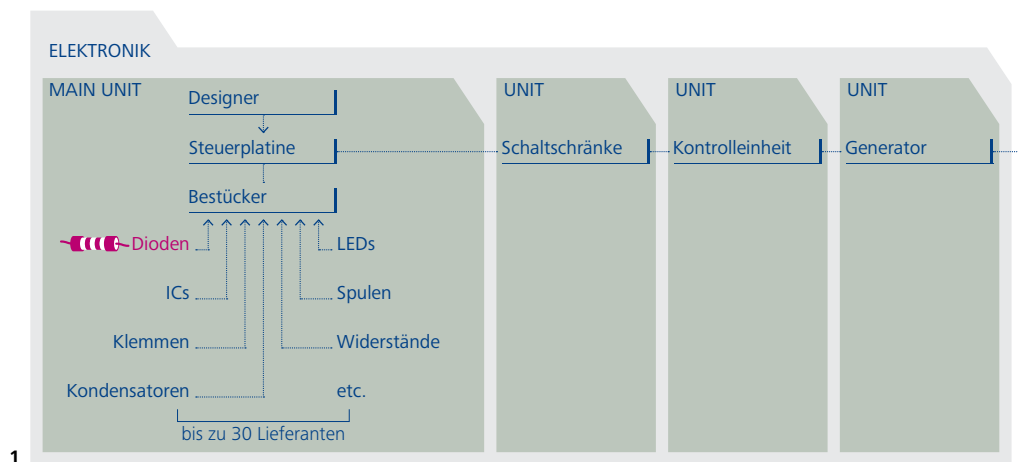
Der Nano-Cluster Bodensee ist ein branchenübergreifendes Netzwerk mit mehr als 80 Unternehmen sowie Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen in der Euregio Bodensee, die Mikro- und Nanotechnologie für Produkte und Prozesse einsetzen und weiterentwickeln. Als Partner beteiligen sich auch das Staatssekretariat für Wirtschaft SECO und die Kantone St. Gallen, Appenzell Ausserrhodon, Thurgau, Schaffhausen, Graubünden und Zürich. Die Empa ist ebenfalls Mitglied und stellt mit ihrem Direktionsmitglied Xaver Edelmann den Präsidenten.

www.ncb.ch

Fehlersuche – erfolgreich

Klein, aber keineswegs unwesentlich: Defekte elektronischer Bauteile können nicht nur Computeranlagen, sondern ganze Verkehrssysteme und Kraftwerke ausfallen lassen und dadurch enorme Kosten provozieren. Die Fehlersuche ist meist schwierig, vor allem, wenn die Bauteile keine Fabrikationsmängel aufweisen. Fachleute der Empa agieren für die Industrie als Detektive und betreiben Ursachenforschung auf höchstem Niveau.

TEXT: Martina Peter



In einem komplexen elektronischen System müssen Abertausende von Komponenten und Modulen reibungslos zusammenspielen. Kommt es zu Systemausfällen, können fast unendlich viele Fehler dafür verantwortlich sein; nur schon für einen einzigen Mikrochip sind rund 400 Fehlerklassen definiert. Wie also die sprichwörtliche Nadel im Heuhaufen finden, wenn – wie kürzlich in einem Windkraftwerk – aus unersichtlichem Grund einwandfreie Dioden regelmäßig ausfallen?

Eine Aufgabe so recht nach dem Geschmack von Empa-Forscher Peter Jacob, der zusammen mit anderen Fachleuten für Mikroelektronik mit kriminalistischem Spürsinn derartige Ausfälle untersucht, Schwachstellen in Bauteilen, im Schaltdesign und in der Anwendung offenlegt und dabei mitunter überraschende Ergebnisse an den Tag fördert. Das Team aus der Abteilung «Elektronik/Messtechnik» funktio-

niert wie eine «Facharzt-Gemeinschaftspraxis». «Patienten» des Zentrums für Zuverlässigkeitstechnik (ZTT) sind Bauelemente und Module aus der Leistungs-, Mikro- und Optoelektronik. «Zu uns kommen Industriekunden, die häufig mit dem Schlimmsten rechnen», so Jacob. Denn manche hätten bei einem Ausfall ihrer Systeme hohe Folgekosten zu befürchten.

Wie ein Arzt führen die Empa-Fachleute zunächst ein Diagnosegespräch: Etwa wie die Verschaltung in der Anwendung ausgelegt ist, wer die Module liefert oder wie lange das Bauteil schon im Einsatz ist. Im Falle des Windkraftwerks zeigten allerdings weder die Bauelemente Fabrikationsfehler noch wiesen die Schaltpläne Mängel auf. Trotzdem fielen stets an derselben Stelle in einem Modul mit integriertem Gleichrichter kleine Dioden aus. Redundanzen – eine Art Ersatzsystem, das bei Betriebsstörungen «einspringt» – verhindern,

dass die übergeordnete Komponente, in diesem Fall die Generatorsteuerung, in Mitleidenschaft gezogen wird. Doch die ständig notwendigen Reparaturen erwiesen sich im abgelegenen Windkraftwerk als ausserordentlich zeitaufwändig und teuer. Höchste Zeit also, die Empa-Fachleute mit der Suche nach dem wirklichen Grund für den Ausfall zu beauftragen.

Detektivische Kleinarbeit

Eine technische Anlage wie ein Windkraftwerk zu bauen, ist fast so kompliziert wie die darin enthaltenen Regel- und Steuerungssysteme. Ein Zulieferer stellt Turm und Windrad auf, ein anderer entwickelt die benötigten Regelungssysteme – die wiederum unzählige Elektronikkomponenten weiterer Hersteller enthalten und schliesslich von einem weiteren Partner in der Fertigungskette zur Gesamtsteuerung zusammengesetzt werden. 30 oder mehr

beendet



2

Elektro-
statik

Gebäude/Turm | Mechanik | Rotor



1
Guter Durchblick ist gefragt: In einem komplexen System liegt der Grund für einen Ausfall manchmal nicht sofort auf der Hand. Hier verursachte die elektrostatische Belastung des Rotors immer wieder einen Ausfall von Dioden in der Steuerplatine. (Grafik: André Niederer)

2
In abgelegenen Einsatzorten können Reparaturen von defekten Elektronikbauteilen aufwändig und teuer werden. (Foto: Beatrice Huber)

beteiligte Lieferanten sind keine Seltenheit. Das ergibt zahlreiche Schnittstellen, und an jeder können sich Fehler einschleichen.

Wenn Peter Jacob oder einer seiner Kollegen ausgefallene Bauteile und Module physikalisch analysieren will, steht ein in der Schweiz nahezu einzigartiges Arsenal an Untersuchungsgeräten und Manipulationsverfahren für Mikrostrukturen zur Verfügung. Zunächst versuchen sie im Bauelement den Fehler zu orten – meist sind das fingernagelgrosse Mikrochips mit Millionen von Transistoren. Bleibt dies erfolglos, machen sie sich an die Systemanalyse. «Manchmal sind es gerade die scheinbar unwichtigen, eher zufälligen Details, die uns auf die richtige Spur führen», erläutert Jacob.

Im Fall des Windkraftwerks brachten ihn erneute Gespräche mit den betreuenden Technikern auf des Rätsels Lösung. Sie berichteten Jacob von anderen, in ihren

Augen nebensächlichen Beobachtungen bei der Rotorerdung und lieferten dem Empa-«Fahnder» dadurch das noch fehlende Puzzleteil: Es war die elektrostatische Aufladung des Windrads, die auf die Welle einwirkte und damit indirekt den Ausfall der Dioden herbeiführte. Ein grosser Rotordurchmesser verursacht hohe elektrostatische Spannungen auf der Rotorachse. Ist diese nicht richtig geerdet, springen immer wieder winzige Funken über, die über die Leitungsführungen als Spannungsimpulse in die Elektronik eingekoppelt werden. Diese machten den Dioden schliesslich vorzeitig den Garaus.

Das Rezept lautete also: korrekte Erdung herstellen, die Leitungsführung optimieren, um Störsignale mit hohen Impulsen aus Nachbarleitungen zu vermeiden, und an einigen Stellen zusätzliche Schutzelemente in die Schaltung einbauen. Und schon war der Spuk vorbei. //

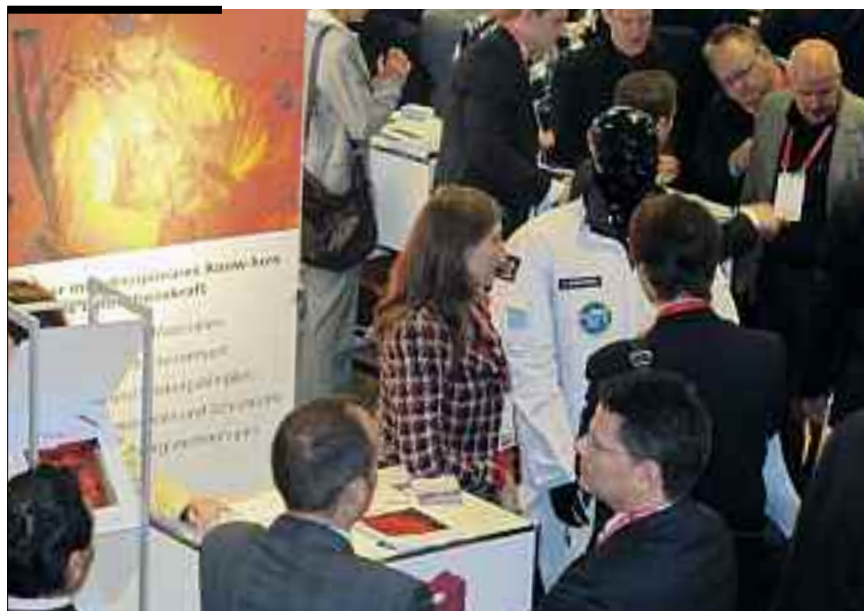
Zentrum für Zuverlässigkeitstechnik (ZZT) der Empa

Industriepartner finden an der Empa Fachleute, die ihnen helfen, komplexe Qualitäts- und Zuverlässigkeitsfragen hinsichtlich Materialien, Bauteilen, Geräten und Systemen zu beantworten. Dabei kommen Geräte und Methoden wie Ionenfeinstrahlanlagen (Focused Ion Beam, FIB), Raster- und Transmissionselektronenmikroskope, spezielle Präparations- und Schleifmaschinen sowie Emissionsmikroskope, thermische Laserstimulation oder Infrarot-Thermografie zum Einsatz. Zahlreiche Firmenkunden – vor allem kleine und mittlere Unternehmen (KMU) – haben sich dem «Industriepool» angeschlossen, über den sie bei Bedarf auf die Hilfe des ZZT sowie eines weiteren Empa-Analysezentrums, dem ZZfP (Zentrum für zerstörungsfreie Prüfungen), zurückgreifen können.

www.empa.ch/abt173

EmpaNews als e-paper

Neben der gedruckten Ausgabe gibt es die EmpaNews seit kurzem auch als sogenanntes e-paper, also völlig papierlos. Einfach auf der Homepage der EmpaNews (www.empanews.ch) in der rechten Spalte auf die entsprechende Ikone klicken – und schon können Sie die EmpaNews ab Ausgabe 21, also seit der Neugestaltung 2008 als Forschungsmagazin, sowie weitere Publikationen der Empa als blätteres PDF am Computer durchstöbern. Natürlich ist es auch möglich, einzelne Seiten und Artikel abzuspeichern und auszudrucken.



Swiss Innovation Forum 2010

Am 5. Swiss Innovation Forum vom 4. November in Basel präsentierte die Empa ihren für Solar Impulse massgeschneiderten Pilotenanzug. Solar Impulse verfolgt das Ziel, nur mit Sonnenenergie die Welt zu umrunden. Damit die Piloten während den Etappen, die bis zu fünf Tage und Nächte dauern werden, weder schwitzen noch frieren, sind besondere Bekleidungssysteme gefragt. Die Empa griff für den Pilotenanzug auf ein alt bewährtes Material zurück: Daunen haben eine extrem hohe Wärmeisolation und transportieren Feuchte sehr gut. Beim ersten Nachtflug von Solar Impulse Anfang Juli 2010 hat der Anzug die Feuer- und Eistaufe bestanden.

Preis an Optotune verliehen

Der Swiss Technology Award, der seit 2007 im Rahmen des Swiss Innovation Forums verliehen wird, ging dieses Jahr in der Kategorie «Start-up» an die Firma Optotune. 2008 als Spin-off der ETH Zürich gegründet, ist Optotune im glaTec, dem Technologiezentrum an der Empa in Dübendorf, angesiedelt. Das Jungunternehmen entwickelt, unter anderem zusammen mit Empa-Forschenden, optische Systeme, die mit Hilfe «künstlicher Muskeln» die Brechkraft einer Linse stufenweise variieren, ähnlich wie das menschliche Auge. Mittlerweile zählt Optotune 20 Mitarbeitende.



Besuch der St. Galler Kantonsregierung

Am 19. Oktober empfing die Empa in St. Gallen hohen Besuch: Die Kantonsregierung erschien in corpore und erhielt von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Empa einen umfassenden Einblick in deren Forschungsaktivitäten. Die Kantonsregierung zeigte sich dann auch sichtlich beeindruckt.



Tage der Technik 2010

Die Mobilität ist ein wichtiges Standbein für die Schweizer Wirtschaft, allerdings auch ein Sorgenkind auf dem Weg zu einer nachhaltigen Entwicklung. Stellt sich also die Frage, wie die individuelle Mobilität gesichert werden kann, ohne Mensch und Umwelt langfristig übermässig zu belasten. Darauf wollten die Tage der Technik 2010, initiiert von Swiss Engineering STV, der Schweizerischen Akademie für Technische Wissenschaften SATW und der Empa, unter dem Motto «Nachhaltige Mobilität» Antworten liefern. An der Zentralveranstaltung am 27. Oktober an der Empa in Dübendorf zeigte eine Ausstellung, wie vielfältig Mobilität heute bereits ist. Interessierte konnten einige der Gas- und Elektrofahrzeuge auch Probe fahren.



Links: Der «Tesla Roadster», der wohl bekannteste Elektrosporthwagen, beschleunigt in knapp vier Sekunden von Null auf 100 – lautlos. Rechts: Fahren mit Erdgas – und erst recht mit Biogas – reduziert den CO₂-Ausstoss deutlich.

Ausbildungswoche für junge Forschende

Anfang November waren elf junge Forschende – drei davon von der Empa – während einer Woche in der ganzen Schweiz unterwegs und liessen sich bei verschiedenen Unternehmen und auch klinischen und akademischen Institutionen Einblick in die aktuellen Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten sowie Produktionsanforderungen im Bereich (Bio-)Materialien geben. Dieser «Travelling Lab Workshop» gehört zu den Ausbildungsaktivitäten des CCMX, des Kompetenzzentrums für Materialwissenschaften und Technologie des ETH-Bereichs, an dem die Empa beteiligt ist. Die Ausbildung geniesst im Kompetenzzentrum einen hohen Stellenwert. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer durften während des Workshops nicht nur zusehen, sondern mussten auch aktiv in Fallstudien und bei praktischen Problemlösungen mitarbeiten und ihre eigenen Forschungsprojekte vorstellen und diskutieren. Organisiert wurde der Workshop von Katharina Maniura, Co-Leiterin der Empa-Abteilung «Materials-Biology Interactions» und Leiterin des CCMX-Bereichs «MatLife»; sie begleitete die Gruppe auch während der Woche.



Let the wind flow ...

Die Empa hat letztes Jahr einen neuen Windkanal gebaut, mit dem die Abteilung «Bautechnologien» das Verhalten von Windströmungen in Städten untersuchen wird (siehe dazu auch Empa-News 27 «Mit «Urban Physics» zu besserem Stadtklima»). Am 11. März findet das offizielle Eröffnungssymposium «Energy and Wind Research for Future Cities and Societies» statt, das sich an Architekten, Raumplanerinnen, Städteplaner und Wissenschaftlerinnen, aber auch an die interessierte Öffentlichkeit richtet.

Mit der Bahn an die Empa

Nun ist es soweit: Seit Mitte Dezember verbindet die Glattalbahn die Empa in Dübendorf direkt mit dem Flughafen Zürich und dem Bahnhof Stettbach. Am Eröffnungsfest für die neue Linie 12 präsentierte die Empa anhand von Versuchsfahrzeugen und Prototypen neue Antriebstechniken, die mit Wasserstoff, Strom oder Erdbeziehungsweise Biogas funktionieren. Ausserdem konnten die sehr zahlreichen Besucherinnen und Besucher Forschungsprojekte zu den Themen Lärm sowie Brandschutz im Verkehr «hautnah» erleben. Und auf dem Empa-Gelände standen der neue Windkanal (siehe auch «Let the wind flow ...») sowie Self, die energie- und wasserunabhängige Raumzelle zum Wohnen und Arbeiten, zur Besichtigung offen.



Meinung

Willi Haag



Willi Haag
Regierungspräsident
des Kantons St. Gallen

“

Sehr eindrücklich fanden wir das Zusammenspiel der verschiedenen Wissenschaftszweige und die modernen Errungenschaften sowie die Schnittstelle von Wissenschaft zur Anwendung.

”

Veranstaltungen

11. März 2011

Let the wind flow

Symposium zur Eröffnung des neuen Windkanals an der Empa
Empa, Dübendorf

16. März 2011

Erdbebegerechte mehrgeschossige Holzbauten

Für Bau- und HolzbauingenieurInnen
Empa, Dübendorf

22. März 2011

Nanofabrication and Nanoanalysis with focused electron and ion beams (FEB, FIB)

Empa-FSRM-Kurs
Empa, Dübendorf

25. März 2011

Challenges and Opportunities of Diesel Particle Filter Technologies

Für VertreterInnen der Partikelfilterindustrie, Behörden und Mitglieder des VERT-Vereins
Empa, Dübendorf

5. April 2011

Aluminiumlegierungen

Empa-FSRM-Kurs
Empa, Dübendorf

16. Mai 2011

Blended and Alternative Cements

Für Fachleute aus Forschung und Industrie in den Bereichen Zement, Mörtel und Beton
Empa, Dübendorf

18. und 19. Mai 2011

Swiss NanoConvention 2011

Für Interessierte aus Wissenschaft und Industrie
Kultur- und Kongresszentrum TRAFO, Baden

Details und weitere Veranstaltungen unter www.empa-akademie.ch

Ihr Zugang zur Empa:



portal@empa.ch
Telefon +41 44 823 44 44
www.empa.ch/portal