

Jahresbericht 2013



Materials Science & Technology

Unsere Vision.

**Materialien und Technologien
für eine nachhaltige Zukunft.**

SEITEN 4-5

Vorwort

SEITEN 6-7

Das Jahr im Rückblick

SEITEN 8-49

Im Blickpunkt: Ausgewählte Projekte

SEITEN 50-69

Research Focus Areas

SEITEN 70-93

Von der Forschung zur Innovation – die Empa als Partnerin

SEITEN 94-99

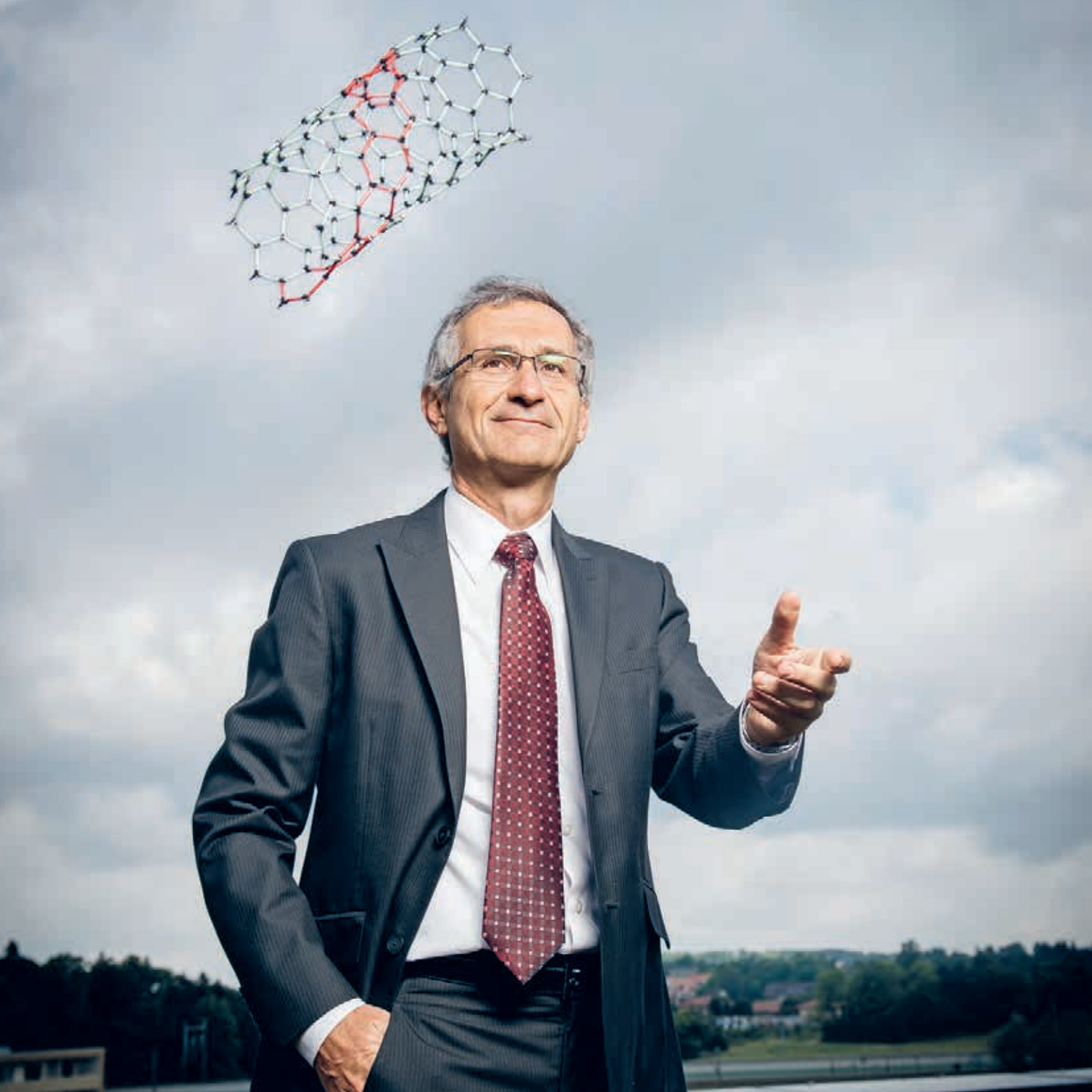
Zahlen und Fakten

SEITEN 100-103

Gremien der Empa und Organigramm

IMPRESSUM

Herausgeber: Empa, CH-8600 Dübendorf, 9014 St. Gallen, 3602 Thun. Redaktion: Kommunikation, Empa. Konzept/Gestaltung: Grafikgruppe, Empa.
Druck/Ausrüstung: Neidhart + Schön AG, CH-Zürich. ISSN 1424-2176 Jahresbericht Empa © Empa 2014



Der lange Weg von der Forschung zur Anwendung

2013 gab es für die Empa einiges zu feiern; allem voran natürlich im August das 50-jährige Standortjubiläum in Dübendorf mit hochrangigen Vertretern aus Wissenschaft, Industrie und Politik. Aber auch an anderen Veranstaltungen wie dem neu eingeführten «Empa Technology & Innovation Forum» für Schweizer Führungskräfte kam die Empa ihrer Mission nach, Innovationen aus der Spitzenforschung in praktische Anwendungen umzusetzen. Diese erhöhte Visibilität bei Vertretern aus Politik und Wirtschaft und das damit verbundene «schärfere» Profil als Innovations-schmiede der Schweiz haben es uns sicherlich erleichtert, wesentliche finanzielle Unterstützung durch unsere Partner zu erhalten, so etwa erstmals direkt vom Kanton Zürich, dem Bundesamt für Energie (BFE) und anderen. Vor allem für unsere zukunftsweisenden Demonstratoren wie «NEST» (für den Gebäudebereich) und «Future Mobility» sind diese externen Geldquellen von zentraler Bedeutung.

Auch für das laufende Jahr haben wir uns hohe Ziele gesteckt. Dabei steht die Forschung im Zusammenhang mit der anstehenden Schweizer Energiewende im Vordergrund. Die neuen Energiekompetenzzentren (SCCER) haben der Empa zahlreiche spannende Projekte beschert. Die ersten vier Jahre der SCCER werden rascher ablaufen, als uns lieb sein wird, und die Öffentlichkeit wird ungeduldig (aber berechtigterweise) «zählbare» Ergebnisse verlangen. Ich bin mir sicher, dass die Empa hierzu Wesentliches beitragen wird. Ausserdem sind wir derzeit daran, gemeinsam mit Partnern aus der Beschichtungsindustrie das «Coating Competence Cen-

ter» an der Empa zu etablieren; eine erste bedeutende Beschichtungsanlage wird bereits installiert, weitere sollen folgen im Lauf des Jahres.

All diesen Projekten ist etwas gemeinsam: Es braucht oft viele Jahre und zahlreiche Anläufe, bis man einen Weg findet vom Verständnis der Grundlagen zu neuen Applikationen, die erfolgreich am Markt bestehen können. Gerade dieser risikoreiche Brückenschlag ist eine Kernaufgabe der Empa. Wir betreiben nicht nur erstklassige Forschung, wir entwickeln auch grundlegend neue Prozesse und synthetisieren neue Materialien, selbst wenn deren erfolgreiche Umsetzung in praktische Anwendungen noch in weiter Ferne liegt und folglich noch kein Businessplan für deren Vermarktung vorliegt. Genau dies verstehen wir als unser Leitmotiv «Empa – The Place where Innovation Starts». Darum hat sich die Empa auch beim Schweizerischen Nationalfonds und der Kommission für Technologie und Innovation für eine spezielle Förderung präkompetitiver Forschung stark gemacht, was nun 2014 erstmals als Pilotversuch durchgeführt wird. Zufälligerweise hat die Herabstufung der Schweiz in der EU-Forschungsförderung dieser Initiative neue Brisanz verliehen, ist doch die Mehrzahl unserer rund 60 EU-Projekte in diesem Bereich anzusiedeln.

Im vorliegenden Jahresbericht wollen wir Ihnen einige Beispiele aus den vielfältigen Aktivitäten und angestossenen Innovationen der Empa «vor Augen führen»; viel Spass und Inspiration beim Durchblättern.



Prof. Dr. Gian-Luca Bona
Direktor

01

Saures aus der A/C

Ein neues Kältemittel für Autoklimaanlagen zerfällt in der Atmosphäre zu dem langlebigen Pflanzengift Trifluoressigsäure. Empa-Forscher berechneten, wo wie viel «R-1234yf» ausgestossen wird und wo die Belastung am grössten ist.

e-Mobility:

Pro und Contra

Mit erneuerbarem Strom fahren Elektroautos umweltfreundlich, doch ihre Herstellung belastet die Umwelt. Eine Studie unter Leitung der Empa beleuchtet Vor- und Nachteile und gibt Empfehlungen für eine nachhaltige Mobilität.



KTI-Programm für Jungunternehmer

Das «CTI Entrepreneurship»-Programm ist Ende April an der Empa erfolgreich gestartet. In fünf-tägigen Kursen lernen angehende Firmengründer Wissenswertes zu Themen wie «Business Creation» und «Business Development».

02

Recycling in Entwicklungsländern

Im Februar lancierten die Empa und das Staatssekretariat für Wirtschaft SECO das Programm «Sustainable Recycling Industries». Ziel ist die nachhaltige Rückgewinnung von Sekundärrohstoffen und deren Wiederverwertung.



Nanostudie zur Störfallverordnung

Für das Bundesamt für Umwelt (BAFU) untersuchte die Empa, ob die Schweizer Störfallverordnung punkto Nanosicherheit angepasst werden muss. Derzeitiges Fazit: Die Sicherheitsmassnahmen für Chemikalien reichen auch für synthetische Nanomaterialien aus.

03

Quecksilber in Energiesparlampen

Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU) untersuchte die Empa 72 gängige Energiesparlampen und Leuchtstoffröhren auf ihren Quecksilbergehalt. Die ermittelten Werte sind Grundlage für eine Schätzung der gesamten Quecksilbermenge in der Schweiz.



Neues Direktionsmitglied

Alex Dommann übernahm am 1. Juli als neuer Departementsleiter und Mitglied der Empa-Direktion die Nachfolge von Xaver Edlmann in St. Gallen. Zuvor war Dommann CTO und Leiter der «Microsystems Technology Division» am CSEM.



04

Industriekooperation bei Ökobilanzen

Die Empa verlagerte ihr Serviceteam für Lebenszyklusanalysen zu Quantis, einem international führenden Beratungsunternehmen in diesem Bereich. Quantis eröffnete eine neue Niederlassung am Empa-Technologiezentrum glaTec in Dübendorf.

Preisgekröntes Leintuch

Mit der Firma Schoeller Medical AG und dem Schweizer Paraplegiker-Zentrum hat die Empa den «Techtextil»-Innovationspreis für ein Leintuch zur Prävention von Druckgeschwüren bei Bettlägrigen gewonnen.



05

Networking für Führungskräfte

Erfolgreiche Premiere für das «Empa Technology & Innovation Forum»: Mehr als 120 Führungskräfte der Schweizer Industrie diskutierten mit dem Empa-Direktorium Themen wie «Open Innovation» und «Innovation und Nachhaltigkeit».

Treffpunkt Empa

Mitte Mai traf sich das «Who is who» der Materialforschung an der Empa zum «World Materials Research Institutes Forum». Im Zentrum stand das Thema «Materials meet Life», also die Frage, wie neue Materialien mit unserem Körper interagieren.

Seite 85

06

«Armbanduhr» misst Blutdruck

Ein neuartiger Sensor fürs Handgelenk macht kontinuierliche Blutdruckmessungen für Hypertonie-Betroffene künftig einfacher. Die Firma STBL Medical Research AG entwickelte den Sensor zusammen mit der Empa.

Seite 19

07

20 Jahre Kinderkrippe

Am 6. Juli feierte die Kinderkrippe von Empa und Eawag ihr 20-jähriges Jubiläum. Heute bietet ein 2006 erstellter Pavillon Betreuungsplätze für 34 Kinder.

Seite 92



Ausgezeichnet hoch fünf

Die Textildesignerin Annette Douglas erhielt eine weitere Auszeichnung für ihre gemeinsame mit der Empa entwickelten Schallschluckenden transparenten Vorhänge. Der fünfte Award innert kurzer Zeit wurde ihr Ende Juli von der EU verliehen.



08

50 Jahre Empa- Campus Dübendorf

Hochrangige Vertreterinnen und Vertreter aus Wirtschaft und Politik, darunter auch Bundesrat Johann Schneider-Ammann, feierten mit der Empa am 19. August das 50-jährige Jubiläum des Standorts Dübendorf.



Weltweites Aus für Flammschutzmittel

Das Flammschutzmittel HBCD, das in Plastik, Elektronik, Textilien und Dämmplatten eingesetzt wird, darf künftig nicht mehr verwendet werden. Grundlage für das an einer UN-Konferenz beschlossene Verbot sind unter anderem mehrere Empa-Forschungsarbeiten.

09

Praxistest bestanden

Nach mehrmonatigen Praxistests in mehreren Schweizer Städten ist die Bilanz des wasserstoffbetriebenen Kehrfahrzeugs der Empa äusserst positiv: Der Energieverbrauch ist im Vergleich zu konventionellen Kehrfahrzeugen bis zu 70 Prozent geringer.



Dioxin aus Partikelfiltern

Dieselpartikelfilter sind ein Segen für die Umwelt – und zugleich schwer kontrollierbare Chemiereaktoren. Empa-Forscher fanden heraus, dass gewisse Filter unter bestimmten Umständen das Seveso-Gift Dioxin produzieren.



10

Happy Birthday, glaTec!

Und noch ein Jubiläum – der Business Incubator glaTec auf dem Empa-Campus in Dübendorf feierte 2013 sein 5-jähriges Bestehen: Alle 13 bisher betreuten Jungfirmen sind aktiv am Markt und im Wachstum begriffen.

Seite 78

Nanodatenbank weiter gefördert

DaNa, eine allgemein verständliche Wissensdatenbank mit Informationen über synthetische Nanomaterialien (www.nanopartikel.info), wird von der Schweiz und Deutschland für weitere vier Jahre unterstützt. Die Empa ist daran massgeblich beteiligt.

11

Neuer Solarzellen- Weltrekord

Empa-Forscher haben mit einem Wirkungsgrad von 20,4 Prozent einen neuen Effizienzweltrekord für flexible Dünnschicht-solarzellen auf Basis von CIGS-Halbleitern (Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid) aufgestellt.

Seite 30



Klimaschutz auf dem Teller

Die Empa ist Partner im Klimaschutzprogramm «ONE TWO WE» des Gastro-Unternehmens SV Group und des WWF. Weniger Flugwaren, weniger Produkte aus fossil beheizten Gewächshäusern und ein geringerer Energieverbrauch sollen Personalrestaurants nachhaltiger machen.

Zürcher Regierung an der Empa

Der Zürcher Regierungsrat lud Ende November Wirtschaftsvertreterinnen und -vertreter zum Standortdialog 2013 auf dem Empa-Campus in Dübendorf ein. Ein passender Ort, denn: Im Zentrum stand der Technologietransfer zwischen Forschung und Industrie.

12

Feuchtespeicher- putz auf dem Markt

Mit der Sto AG entwickelte die Empa ein Putzsystem mit hoher Feuchtespeicherkapazität. Damit lässt sich Kondenswasser an kühlen Wandsstücken und Wärmebrücken verhindern – und somit Pilz- und Mikrobenbefall. Der Putz ist seit Februar 2014 erhältlich.

Ruzicka-Preis für Empa-Forscher

Am 4. Dezember wurde Maksym Kovalenko mit dem Ruzicka-Preis 2013 ausgezeichnet. Der Empa-Forscher und ETH-Assistenzprofessor erforscht neue Nanomaterialien für den Einsatz in Elektronik, Optik und leistungsstarken Batterien.

Seite 33

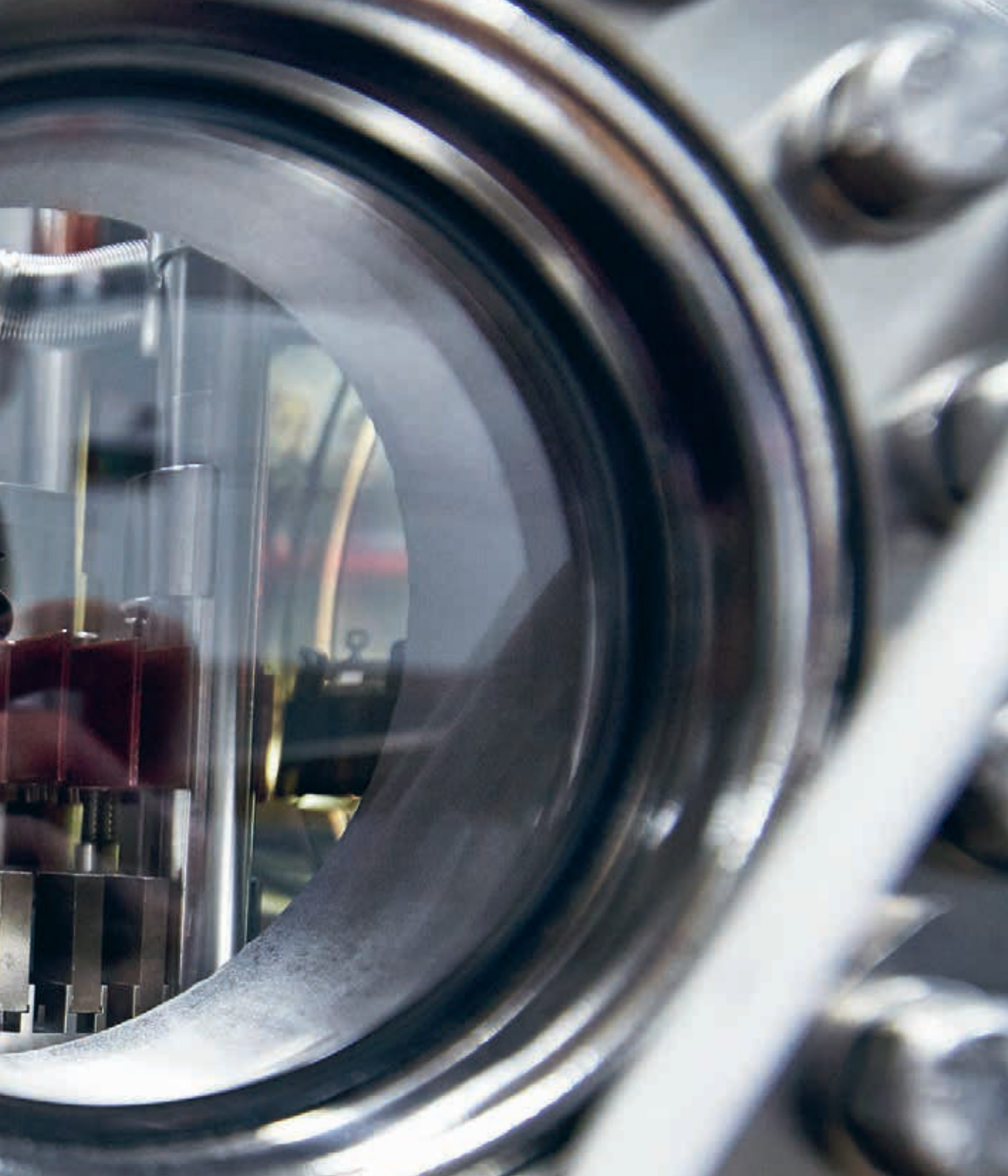


Im Blickpunkt: Ausgewählte Projekte

Neue Materialien erforschen und innovative Technologien vorantreiben; Impulse setzen für eine nachhaltige Entwicklung unserer Gesellschaft; die wissenschaftlichen Grundlagen schaffen für politische und gesellschaftliche Entscheide – das sind zentrale Ziele der Empa, die sie durch Forschung und Entwicklung, über Kooperationen und Partnerschaften, via Dienstleistungen, Expertisen und Consulting verfolgt. In gut 500 Fachpublikationen und über 1000 Beiträgen an wissenschaftlichen Konferenzen brachten die Empa-Wissenschaftlerinnen und -Ingenieure ihre neuesten Erkenntnisse an den Mann (und die Frau). Die folgenden «Snapshots» aus den Labors geben einen Einblick in die vielfältigen Forschungsaktivitäten der Empa.







Wie steif müssen mehrgeschossige Holzbauten sein?

Im Frühling 2013 kam auf einer Baustelle in der Zürcher Gemeinde Oberglatt ein besonderes Gerät zum Einsatz: ein zwei Tonnen schwerer «Shaker». Im dritten Geschoss sorgte dieser dafür, dass ein gerade errichtetes, mehrstöckiges Holzgebäude horizontal gehörig zu schwingen begann, ähnlich wie es bei heftigen Windböen oder kleineren Erdbeben zu erwarten wäre.

127

Stundenkilometer beträgt die Geschwindigkeit von Windböen, die laut Meteo Schweiz statistisch gesehen alle zwei Jahre in Zürich zu erwarten sind. Zum Vergleich: Orkan Lothar war 1999 mit bis zu 140 km/h unterwegs.

An zwölf Stellen im Haus massen Empa-Forschernde mittels Beschleunigungssensoren die horizontalen und vertikalen Bewegungen am Gebäude, um reale Werte zur Tragwerksteifigkeit, Eigenfrequenz und Dämpfung bei mehrgeschossigen Holzhäusern in Rahmenbauweise zu erheben. Und somit erstmals experimentell zu untersuchen, wie tragende und nicht tragende Bauteile die horizontale Steifigkeit und Stabilität von mehrgeschossigen Holztragwerken beeinflussen.

Was haben ein Bücherregal und ein mehrgeschossiges Holzgebäude gemeinsam?

Bauingenieure sehen sich beim Planen und Errichten von mehrgeschossigen Gebäuden mit den gleichen Problemen konfrontiert wie Normalsterbliche, wenn diese ein Bücherregal zusammenschrauben: Verzichten sie auf das Metallkreuz an der Rückseite, bleibt das Regal eine wacklige Angelegenheit und schwankt schon beim geringsten seitlichen Anstoss bedrohlich hin und her.



Dieses dreigeschossige Mehrfamilienhaus in Holzrahmenbauweise in Oberglatt (ZH) wurde untersucht.

Nun verwenden Ingenieure natürlich keine Metallkreuze. Um die horizontale Tragwerksteifigkeit zu gewährleisten und Schäden vorzubeugen, die etwa durch starke Windböen oder Erdbeben verursacht werden, zieht man auf dem Bau zum Beispiel zusätzliche tragende Wände ein oder erhöht die Steifigkeit vorhandener Wände durch dickere Bauteile, steiferes Material oder mehr Verbindungsmittel. Unterm Strich bedeutet das einen höheren Material- und eben auch Arbeitsaufwand. Das schlägt sich in höheren Kosten nieder.

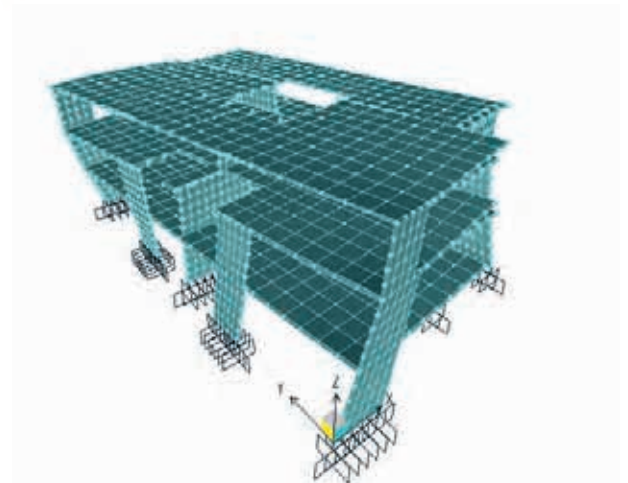
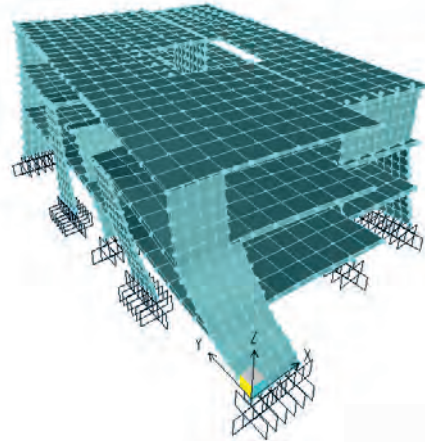
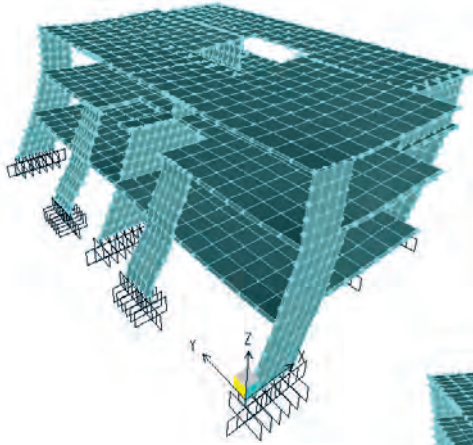
Was die Sache nicht einfacher macht: Versteifen ist nicht in jedem Fall die beste Lösung. Um etwa die Erschütterungen bei einem Erdbeben aufzufangen, ist es manchmal vorteilhafter, wenn das Bauwerk nicht allzu steif ist, sondern bis zu einem gewissen Grad nachgiebig, reagieren kann. Die gesamte Holzbaubranche, aber auch Architekten, Ingenieure und Bauherren sind deshalb an möglichst praxisnahen Materialwerten zu Steifigkeit, Grundschwingzeiten und Dämpfung interessiert, damit genau so viel Material wie wirklich nötig verbaut wird – und dann auch noch an den richtigen Stellen.



Holz – ein nachhaltiger Baustoff

Bis vor kurzem gab es allerdings nur rechnerische Näherungswerte, keine an einem «echten» Bauwerk erhobenen Daten zu den dynamischen Eigenschaften eines mehrgeschossigen Holzbaus in hieszulande üblicher Bauweise. Mit dem durch den Fonds zur Förderung der Wald- und Holzforschung unterstützten Forschungsprojekt, das die Empa zusammen mit dem Ingenieurbüro Pirmin Jung AG (Rain), der ZBF Architekten AG (Zürich) und der Firma Artho Holz- und Elementbau AG (St. Gallenkappel) durchführte, haben die Wissenschaftler nun die Grundlagen geschaffen, um präziser als bisher die horizontale Tragwerksteifigkeit voraussagen zu können. Dadurch kann Holz als nachhaltiger Baustoff künftig auch bei mehrgeschossigen Gebäuden seine Stärken voll ausspielen.

Der hydraulische Horizontalschwinger der Empa bringt mit einer Tonne schwingender Masse ganze Häuser zum Schwingen.



Bilder der Modalanalyse verdeutlichen, wie das Gebäude schwingt.

Die 2000-Watt-Gesellschaft ist noch weit

1998 entwickelten Forscherinnen und Forscher der ETH Zürich das Konzept der «2000-Watt-Gesellschaft», ein energiepolitisches Modell, das eine wachsende Erdbevölkerung mit Energie versorgen und gleichzeitig die Umwelt schonen sollte. Effiziente Technologien und Prozesse

3369

Schweizer Haushalte wurden zu ihrem Wohn-, Mobilitäts-, Ernährungs- und Konsumverhalten befragt; kein einziger erfüllt die Bedingungen der 2000-Watt-Gesellschaft.

würden den Energieverbrauch der Industrieländer auf 2000 Watt pro Bewohner – den weltweiten Mittelwert – senken. Die frei werdenden Ressourcen könnten dann helfen, Armut und Hunger weltweit zu bekämpfen, und zwar ohne eine Minderung des Lebensstandards für die westlichen Länder. Die Stadt Basel dient als Pilotregion, und auch Herr und Frau Zürcher sprachen sich 2008 an der Urne dafür aus, die 2000-Watt-Gesellschaft anzustreben. Parallel zum Energieverbrauch soll dabei auch der Ausstoss an Treibhausgasen reduziert werden, auf das Äquivalent einer Tonne CO₂ pro Person und Jahr.

Der aktuelle Energieverbrauch der Schweizerinnen und Schweizer übersteigt das Nachhaltigkeitsziel indes noch deutlich, wie die alljährliche Energiestatistik des Bundesamts für Umwelt (BAFU) zeigt. Solche Statistiken nutzen jedoch einen «Top-down»-Ansatz: Sie teilen den Gesamtverbrauch durch die Anzahl Einwohner. Forscher der Empa und der ETH Zürich haben deshalb den ökologischen Fussabdruck der Schweiz «bottom-up», also vom Individuum ausgehend, detailliert analysiert. Die Forscher hofften, Haushalte zu finden, die die Kriterien der 2000-Watt- beziehungsweise der 1-Tonne-CO₂-Gesellschaft bereits heute erfüllen. Aus solchen Beispielen liessen sich dann wegweisende Nachhaltigkeitsstrategien ableiten. 3369 Haushalte beantwor-

teten einen Fragebogen zu Wohnen, Mobilität, Ernährung und Konsumgütern. Mithilfe der an der Empa geführten «ecoinvent»-Datenbank bestimmten die Forscher den individuellen Energieverbrauch und die daraus resultierenden Treibhausgasemissionen sowie den Gesamteinfluss einzelner Haushalte auf die Umwelt.

Westlicher Lebensstil und 2000-Watt-Gesellschaft – ein Widerspruch?

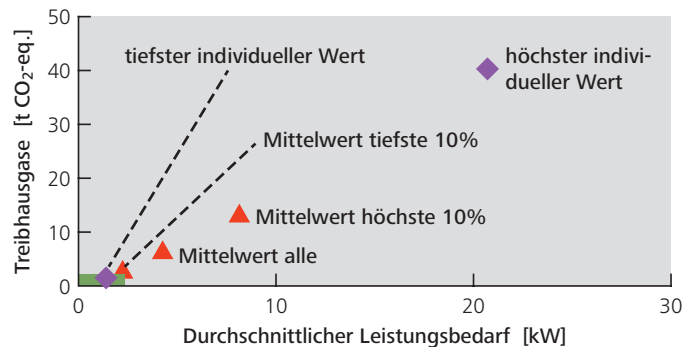
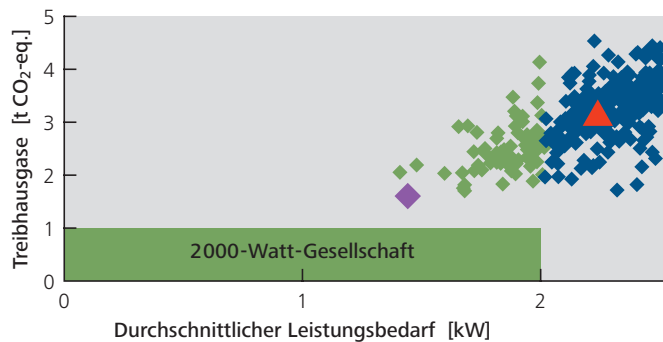
Die Ergebnisse waren ernüchternd: Von den 3369 befragten Haushalten erfüllt kein einziger die Bedingungen der 2000-Watt-Gesellschaft. Lediglich zwei Prozent der Befragten verbrauchen weniger Energie als «erlaubt» – und selbst diese emittieren weit mehr als eine Tonne CO₂. Und: Nur rund ein Viertel der Energie wird als Elektrizität verbraucht – eine massive Reduktion des Gesamtenergieverbrauchs lässt sich also nicht allein mit sparsameren Elektrogeräten erreichen. Denn der Grossteil der Energie fließt in Heizung und Mobilität. Die sparsamsten Haushalte schnitten gerade hier besonders gut ab; so war etwa die beheizte Fläche pro Person niedrig, der Heizbedarf gering. Auch bei der Mobilität waren solche Haushalte zurückhaltend: Sie schränkten sich beim Autofahren und Fliegen deutlich ein. Im Wohn- und Mobilitätsverhalten sehen die Forscher dann auch am meisten Potenzial. Gerade in sogenannten Niedrigenergiehäusern sei aber die beheizte Fläche pro Person zu gross.



Verzicht ist unumgänglich

Den Energieverbrauch in Industrienationen auf die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft zu senken, halten die Forscher indes nach wie vor für möglich – allerdings nur mit «grösstmöglicher Anstrengung». Bei den Treibhausgasemissionen sei dies dagegen weitaus schwieriger. Die Schweiz müsste dafür rund 80 Prozent

ihres Energiebedarfs aus kohlenstoffarmen Quellen beziehen. Mit der geplanten Abschaltung der Atomkraftwerke bedeutet dies: erneuerbare Energien – und zwar nicht nur für Strom, sondern auch für Heizung und Mobilität. Dafür brauche es markanten technischen Fortschritt – und einen Wandel im Lebensstil, so das Fazit der Studie.



Kein einziger der befragten Haushalte erfüllt die Bedingungen der 2000-Watt-Gesellschaft vollständig: Selbst bei energiesparsamen Schweizerinnen und Schweizern ist der CO₂-Ausstoss zu hoch. Gekennzeichnet sind der tiefste individuelle Wert (lila) sowie der Durchschnitt der nachhaltigsten 10 Prozent (rot) der Befragten.

Obwohl die durchschnittliche Umweltbelastung aller Befragten relativ niedrig ist, übersteigt sie die Richtwerte der 2000-Watt-Gesellschaft um ein Vielfaches: Der höchste erfasste Energieverbrauch ist 10-mal so hoch, die daraus resultierenden CO₂-Emissionen gar 40-mal höher als die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft.

Ein Armband revolutioniert die Blutdruckmessung

Blutdruckmessungen und -überwachungen sind für Patienten eine mühselige Angelegenheit. Eine Manschette, die über mehrere Stunden alle 15 Minuten aktiv wird und den Oberarm komprimiert, ein störendes Messgerät am Körper, allenfalls sogar eine invasive Überwachung,

bei der ein Katheter in die Arterie eingeführt wird, sind die Regel. Kein Wunder vermeiden die Betroffenen diese Prozedur, falls irgendwie möglich. Ein neuer Sensor, kaum grösser als eine Armbanduhr, soll bald eine angenehmere Methode der Blutdruckmessung bieten. Die Firma STBL Medical Research AG bringt demnächst ein Gerät auf den Markt, das bequem am Handgelenk getragen werden kann und den Blutdruck kontinuierlich aufzeichnet – ganz ohne Druckmanschette oder blutigen Eingriff. Gemessen

wird, indem an der Hautoberfläche in Handgelenksnähe mit mehreren Sensoren gleichzeitig Anpressdruck, Puls und Blutdurchfluss gemessen werden.

Empa-Sensor erhöht Messgenauigkeit

Der Anpressdruck des neuen Geräts auf die Haut wechselt ständig, weshalb hochsensible Korrekturmessungen notwendig werden. Für dieses Problem suchten Empa-Forscher im Rahmen eines KTI-Projekts eine passende Lösung. Ein Sensor aus piezoresistiven Fasern im Armband misst den Anpressdruck auf der Haut. Verändert sich die Signalstärke durch Verrutschen oder durch Muskelanspannung, könnte dies zu Fehlmessungen führen. Genau diese Veränderungen registriert der Empa-Sensor – die Messwerte können entsprechend korrigiert werden.

0,3

Millimeter beträgt der Durchmesser der Empa-Faser aus Russ und thermoplastischem Elastomer, die dem Blutdruckmesser seine Genauigkeit verleiht.

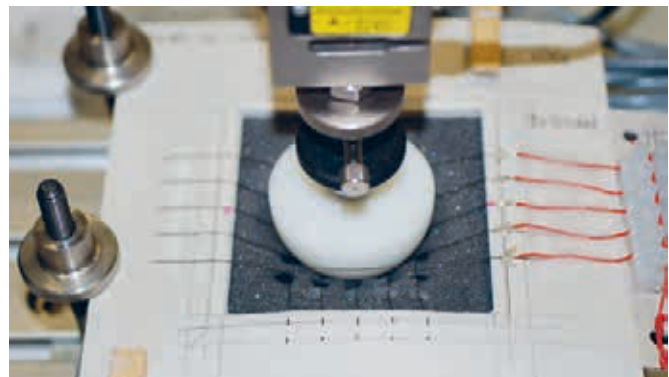
Die elektrisch leitende Faser erkennt Verschiebungen oder Druckveränderungen, wandelt sie in ein elektrisches Signal um und leitet dieses an das Messgerät weiter. Damit gelingt es, die Messgenauigkeit der «Blutdruck-Uhr» um mehr als 70 Prozent zu steigern. Mittlerweile haben entsprechende Tests die Funktionsfähigkeit der Sensoren bestätigt. Die Empa arbeitet nun mit Hochdruck daran, den Piezo-Sensor so in das Gerät zu integrieren, dass es nicht nur optisch ansprechend wird; er sollte sich auch einfach und ohne viel Aufwand einbauen lassen.

Optimale Resultate mit optimalem Material

Das Sensormaterial der Empa, das dem Blutdruckmesser seine hohe Genauigkeit verleiht, besteht aus Russ und einem thermoplastischen Elastomer (TBE), extrudiert als Faser mit einem Durchmesser von 0,3 Millimetern. Dehnt sich die Faser, etwa bei einer Muskelanspannung, verändert sich der elektrische Widerstand des Materials und ermöglicht so zuverlässige Messungen des Blutdrucks. In zusätzlichen Analysen konnten die Empa-Forscher bestätigen, dass die Russ/TPE-Faser im Vergleich zu kommerziellen piezoresistiven Monofilamenten eine deutlich höhere Genauigkeit aufweist. Flexible Hybridfasern werden künftig nicht nur in der Blutdruck-Uhr zu finden sein. Auch in der Bekleidungsindustrie, in Architektur und Robotik sehen die Empa-Forscher zahlreiche interessante Anwendungen.



Erste Prototypen der «Blutdruck-Uhr» mit dem Empa-Band aus piezoresistiven Fasern.



Die Fasern für die Messung des Anpressdrucks werden an der Empa hergestellt. Durch die einzelnen Fasern fließt ein konstanter Strom; dehnen sich die Fasern, ändert sich ihr elektrischer Widerstand.

Energie aus luftigen Höhen

Ein Kite, eine Spule und ein Kontrollpult. Das sind die Bestandteile einer neuen Methode zur Energiegewinnung. Das Ziel: Strom aus Wind mittels Lenkdrachen «erntet». TwingTec, eine frisch gegründete Spin-off-Firma der Empa, macht genau das möglich. Einen wichtigen Bestandteil dazu liefert die Tensairity-Tragstruktur des Kites, die das «Center for Synergetic Structures» der Empa erforscht und entwickelt.

50

Kilowatt soll eine TwingTec-Anlage produzieren – bei einem Gewicht von gerade mal 2 Tonnen. Eine vergleichbare Windturbinenanlage wiegt rund 15-mal mehr.

Das Funktionsprinzip ist simpel: Der Hightech-Kite ist an Schnüren an den Spulen der Bodenstation befestigt. Der Kite steigt in luftige Höhen, dadurch entsteht Zug auf die Seile, die Spule setzt sich in Bewegung. Mittels elektromagnetischer Induktion wird aus dieser Bewegung Strom gewonnen. Hat der Kite seine maximale Höhe erreicht, zieht ihn die Spule wieder nach unten, und er kann von Neuem aufsteigen und Strom

liefern. Die Tragstruktur basiert auf ultraleichten Tensairity-Balken aus Stangen, Zugelementen, einer Membran, stabilisiert mit Luft unter geringem Überdruck. Der Drachen soll auf bis zu 300 Meter aufsteigen, den enormen Windkräften «dort oben» standhalten und bald unsere Haushalte mit sauberem Strom aus luftiger Höhe versorgen.

Nachfolgeprojekt bereits am Laufen

Im Frühling 2013 konnten die Empa-Forscher die technische Machbarkeit des Konzepts beweisen – und gründeten kurz darauf die Firma TwingTec AG. Nun startet das Team in die nächste Phase. Zusammen mit der Empa, der ETH Zürich und der Fachhochschule Nordwest-

schweiz reichte das Jungunternehmen ein KTI-Projekt ein, das im Januar 2014 begann. In den nächsten anderthalb Jahren soll ein Demonstrator entstehen, Ende 2015 sollen erste Pilotanlagen folgen. Das bedeutet: eine neue Bodenstation, optimierte Flügel für den Drachen und eine Vorrichtung, die den Drachen automatisch steuert.

Im In- und Ausland bereits im Gespräch

Mit ersten Interessenten, die die Vorzüge der Methode erkannt haben, ist man bereits im Gespräch. Ein umweltbewusster Bauer aus der Innerschweiz, der bereits Sonnenkollektoren und eine

kleine Windturbine betreibt, stellt dem Kite-Team sein Land für Tests zur Verfügung. Ihr Land auch für nachhaltige Energieproduktion zu nutzen, ist mittlerweile für viele Landwirte interessant. Doch nicht nur in der Schweiz weckt die neuartige Methode zur Energiegewinnung Hoffnungen. Ein Mönch aus Nepal ist ebenfalls bereits an Bord. In seinem Dorf hoch in den Bergen betreibt er eine Schule, doch der extreme Mangel an Energiequellen schränkt die Entwicklung des Dorfes enorm ein. So muss er seine Schule im Winter schliessen, da keine Heizung vorhanden ist – respektive dafür die Energieressourcen fehlen. Ob der Kite in Nepal helfen kann, das Problem zu lösen, wird zurzeit ebenfalls

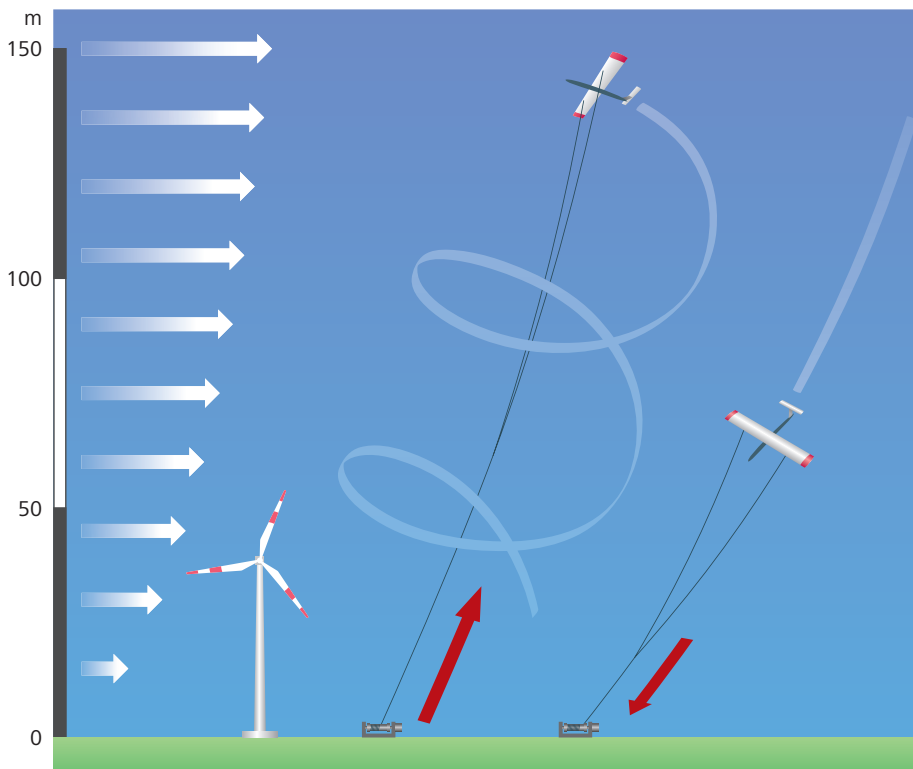


Der TwingTec Kite basiert auf der Tensairity-Technologie der Empa.

«erforscht». TwingTec hat vor Ort einen Windmesser installiert, der während eines Jahres die lokalen Windverhältnisse für die weitere Planung aufzeichnet.

Der Vorteil der TwingTec-Technologie: Aufbau und Betrieb der Anlagen ist im Vergleich zu Windturbinen sehr einfach und erfor-

dert keine grosse Installation oder komplexe Baumassnahmen. Und die Anschaffungskosten sind wesentlich geringer. Sie ist somit auch in infrastrukturschwachen Gegenden, etwa in Randregionen oder in Schwellen- und Entwicklungsländern, problemlos nutzbar.



Der Kite kann Windströmungen in bis zu 500 Meter Höhe erreichen, ein herkömmliches Windrad nur knapp 100 Meter. Der Kite steigt in Kreisbewegungen nach oben, der Zug erzeugt Strom. Sobald der Kite die Maximalhöhe erreicht hat, wird er wieder hinuntergezogen und startet den Aufstieg erneut.

Damit sich chronische Wunden besser schliessen

Die grosse Zahl von Menschen, die weltweit an chronischen Wunden leiden, wird weiter zunehmen. Denn betroffen ist vor allem eine Bevölkerungsgruppe, die überall wächst: ältere Menschen, die bereits an Krankheiten wie Diabetes leiden.

50 000 000

Menschen leiden weltweit an chronischen Wunden, zum Beispiel aufgrund von Mangelernährung, Diabetes oder Gefässerkrankungen. Im Normalfall sollte eine Wunde nach vier bis sechs Wochen verheilt sein. Danach kann sie chronisch werden.

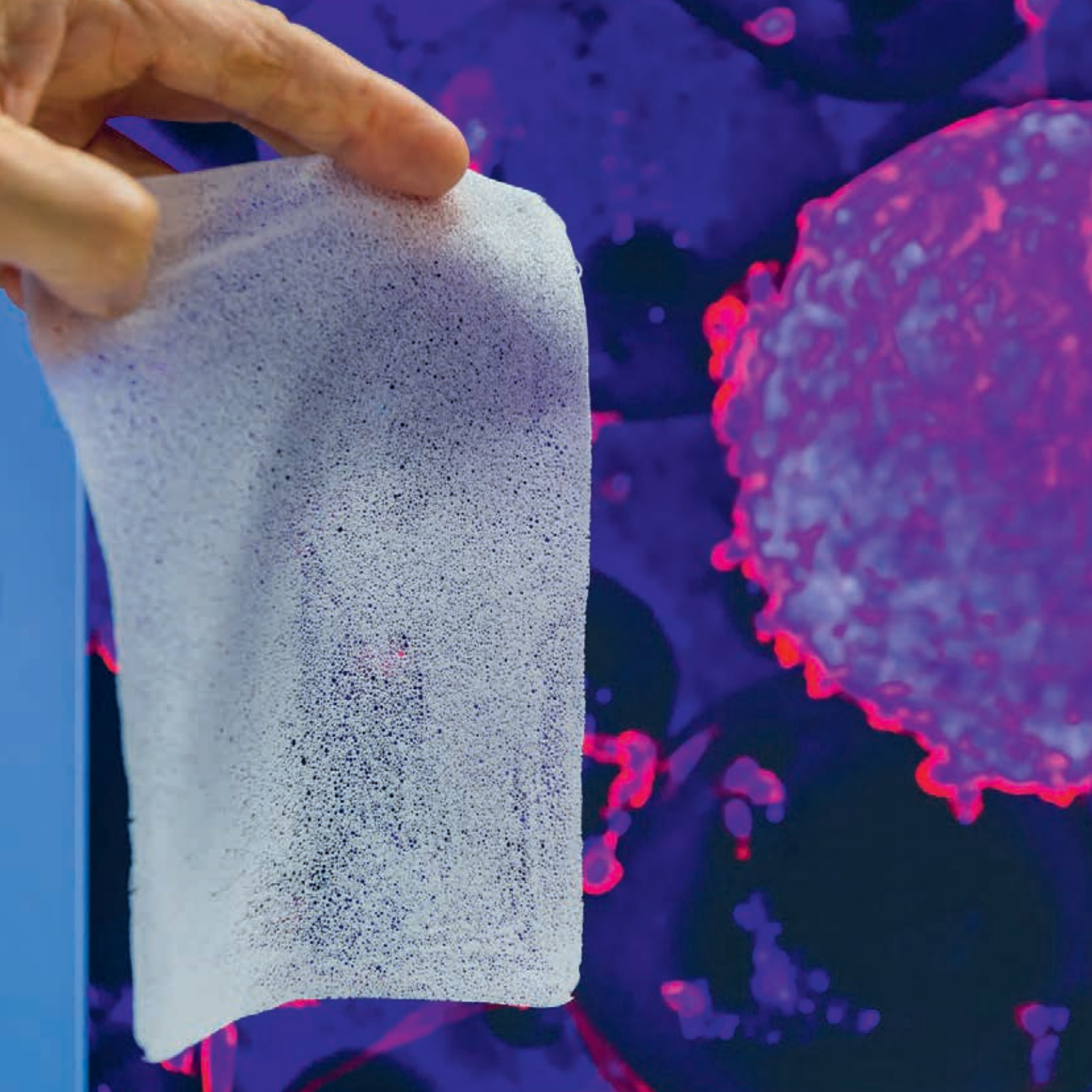
Einer Lösung des Problems sind die Empa und die Luzerner Firma Nolax im KTI-Projekt «Revcel®» ein gutes Stück näher gekommen. Gemeinsam haben sie einen Zellträger oder «Scaffold» aus Kunststoff weiterentwickelt, der den Körper beim Schliessen der Wunde unterstützt. Innovativ daran ist, dass dieses Scaffold – ein schwammartiges kleines Kissen aus Polyurethan – auf die Wunde aufgebracht und nach und nach von Bindegewebszellen besiedelt wird. Gleichzeitig wird der Kunststoff vom Körper abgebaut. Zurück bleibt schliesslich nur eine neu gebildete Schicht Haut mit deutlich geringerer Narbenbildung.

Nach getaner «Arbeit» löst sich das Material einfach auf

Zwar sind bereits ähnliche Zellträger erhältlich. Doch die werden aus tierischen Ausgangsprodukten hergestellt. Das macht sie teuer und birgt das Risiko der Krankheitsübertragung. Wird Kunststoff als Trägermaterial gewählt, fallen beide Nachteile weg.

Der Industriepartner Nolax verfügt über jahrzehntelange Erfahrung im Kunststoffbereich und hat seit Längerem Produkte für medizinische Anwendungen auf dem Markt. 2009 liess das Luzerner KMU das auf Polyurethan basierte Scaffold patentieren. Für die Weiterentwicklung

Neuentwicklung: Der Wundschaum im Original (links) und in der Nahaufnahme (Bild: KTI, Alessandro Della Bella).



Kontakt

Dr. Arie Bruinink
arie.bruinink@empa.ch

bis zum «Proof-of-Concept» fanden sie an der Empa die richtigen Partner: Zellbiologen und Toxikologen steuerten das nötige Wissen und die Erfahrung mit Verträglichkeitstests bei. In Untersuchungen mit verschiedenen Zellkultursystemen sollten Material und Struktur des Scaffold so optimiert werden, dass es nicht toxisch ist, sich Zellen darauf ansiedeln und sich der Wundschaum schliesslich vollständig und ohne Nebenwirkungen auflöst.

Aus dem Leben gegriffene Zellkultur-Tests

Die vom Empa-Team entwickelten Tests waren besonders realitätsnah. So stellten die Forschenden in einem aufwändigen Verfahren dreidimensionale Zellstrukturen aus menschlichen Bindegewebszellen her und überprüften, ob Zellen aus diesem Agglomerat das Scaffold besiedeln. Dies entspricht den natürlichen Verhältnissen in einer Wunde wesentlich besser als der heute übliche Test mit der Besiedlung durch einzelne Zellen.

Aufgrund der Testergebnisse passte Nolax die Rezeptur für das Scaffold immer wieder an und verbesserte dessen Struktur. Beide Teams arbeiteten mit enormer Geschwindigkeit. Insgesamt führten sie über 100 Versuchsreihen durch.

Die Erkenntnisse wurden zu guter Letzt am Tierspital Zürich an Tiermodellen überprüft – mit überzeugenden Resultaten. Die Wunden verheilten mit dem Scaffold deutlich schneller und besser, als es sich die Forscher zu Beginn erhofft hatten. Die Ergebnisse überzeugten offenbar auch die Juroren des KTI MedTech Award 2013: Aus rund zwei Dutzend Projekten wurde das «Revcel®»-Projekt im August mit zwei weiteren Anwärtern für den Preis nominiert.

Zurzeit baut Nolax eine Produktion auf, um Scaffolds für klinische Versuche zu produzieren. Und auch die Empa forscht weiter auf dem Gebiet. Zunächst erweitert das Empa-Team das 3-D-Zellkulturkonzept; künftig soll es auch noch Hinweise auf die Immunverträglichkeit der neuartigen Scaffolds liefern.



Arie Bruinink und sein Team von der Empa steuerten das nötige Know-how für die Entwicklung des Wundschaums bei (Bild: KTI, Alessandro Della Bella).

Künstliches Erdgas aus überschüssigem Strom

«Power-to-Gas» ist ein Schlüsselbegriff, wenn es darum geht, alternative Energien zu speichern. Kurzfristig überschüssiger Strom aus Photovoltaik- und Windanlagen wird dabei in Wasserstoff umgewandelt. Mit dem Klimagas CO_2 kombiniert, etwa aus der Biogasproduktion, kann man aus dem Öko-Wasserstoff Methan herstellen, das sich einfach und kostengünstig im Erdgasnetz verteilen und über längere Zeit speichern lässt. Aus erneuerbaren Energien wird so ein «quasi-fossiler» Brennstoff erzeugt – das Grundprinzip von «Power-to-Gas».

20

Nanometer beträgt der Durchmesser der Nickelpartikel des Katalysators, die Poren, in denen sich das Wasser sammelt, sogar nur 0,5 Nanometer.

Optimierung mit Zeolith

Die sogenannte Sabatier-Reaktion, die aus Wasserstoff und CO_2 brennbares Methan erzeugt, ist seit Langem bekannt. Empa-Forschern ist es nun gelungen, den Prozess deutlich zu optimieren.

Um die Reaktion von CO_2 und Wasserstoff mit möglichst wenig Energieaufwand in Gang zu bringen, ist ein Katalysator nötig, beispielsweise aus Nickel. Auf einer solchen Katalysatoroberfläche reagieren die Gasmoleküle leichter mit-einander – der Energieaufwand für die Reaktion verringert sich, man spricht von einer sogenannten Sorptionskatalyse. Die Empa-Forscher haben nun einen nanoskaligen Nickelkatalysator mit einem Zeolithen kombiniert. Zeolithe sind kristalline Alumosilikate mit der Fähigkeit, Wassermoleküle aufzunehmen und bei Erhitzung wieder abzugeben.

Das Prinzip ist einfach: Bei der chemischen Reaktion von Wasserstoff und CO_2 entsteht nicht nur Methan (CH_4), sondern auch Wasser (H_2O). Die Forscher nutzen die hygroskopische (also

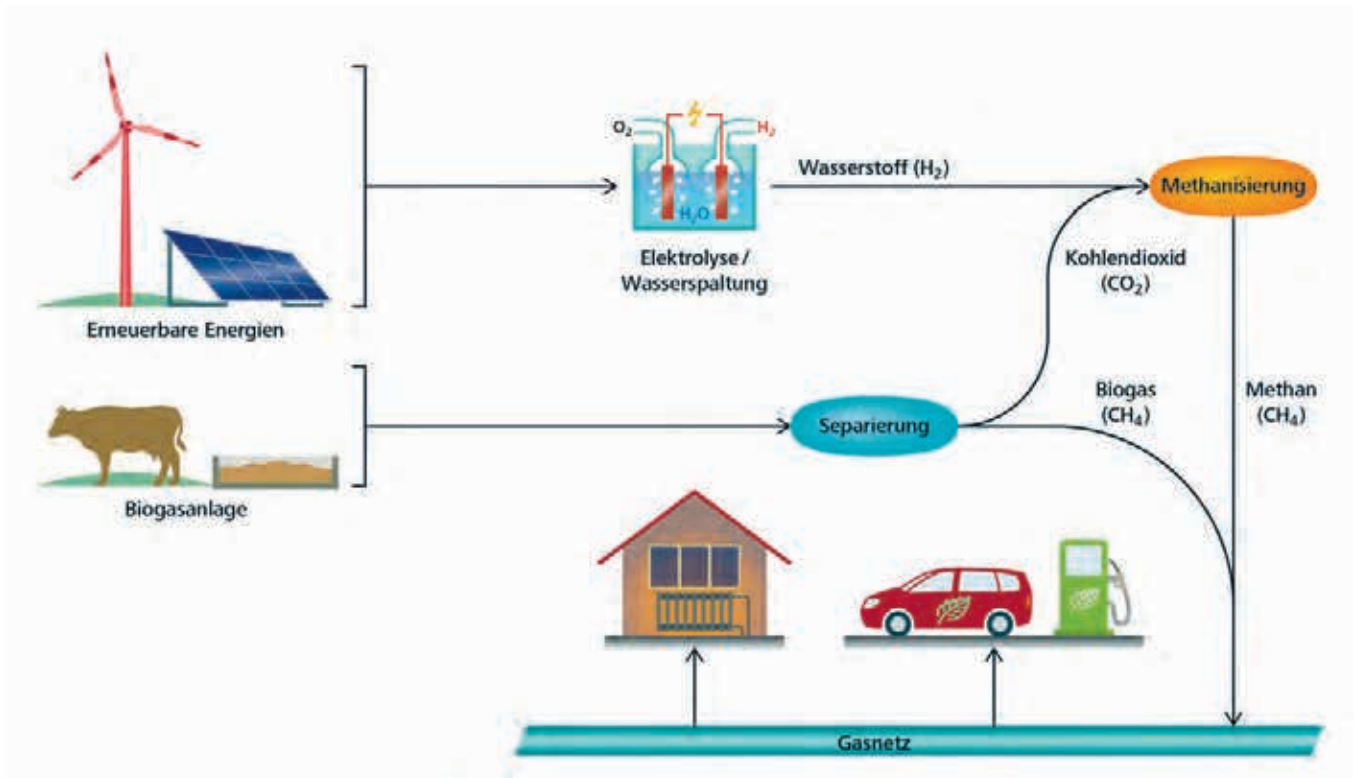
Wasser bindende) Eigenschaft des Zeoliths, um das entstehende Wasser aus dem Reaktionsgemisch zu entfernen. Das chemische Gleichgewicht verschiebt sich dadurch in Richtung Methan. Ergebnis: Eine höhere Ausbeute an reinem Methan und somit eine höhere Effizienz des Katalyseprozesses. Sobald der Zeolith mit Wasser gesättigt ist, kann er durch Erhitzen und Verdunsten des Wassers wieder «entladen» und erneut verwendet werden.

Weitere Forschung ist geplant

Der Prozess funktioniert – allerdings erst im Labor. Zurzeit sind die Empa-Forscher auf der Suche nach Industriepartnern, um eine Methanisierungsanlage in grösserem Massstab zu bauen und als Pilotprojekt zu nutzen. Zugleich möchte das Team den Prozess noch weiter optimieren. In einem nächsten Schritt sollen vier oder mehr Sorptionskatalysatoren gleichzeitig zum Einsatz kommen. Ist einer mit Wasser gesättigt, springt die Anlage automatisch auf den nächsten, «trockenen» Katalysator um, während der vorherige bereits wieder «entladen» wird. Für die Zukunft sind aber auch neue, effizientere Katalysatormaterialien als Nickel in Kombination mit neuartigen Zeolithen denkbar. Sie könnten den Sabatier-Prozess noch weiter verbessern. Dann wäre überschüssiger Ökostrom keine Wegwerfware mehr, sondern Basis für nachhaltig erzeugtes Erdgas.



Andreas Borgschulte mit Zeolithpartikeln, die in der neuen Methode der Methanisierung zum Einsatz kommen.



Aus temporär überschüssigem Ökostrom kann Wasserstoff gewonnen werden (oben). Er wird zusammen mit CO₂ aus Biogas in einem Spezialreaktor zu Methan kombiniert. Aus Abfallstoffen und «Abfall-Energie» ist so ein wertvoller, klimaneutraler Brennstoff entstanden.

Hocheffiziente Dünnschichtsolarzellen auf dem Weg zur industriellen Produktion

Um Solarstrom günstig anbieten zu können, versuchen Wissenschaftler und Ingenieure seit Langem, eine preiswerte Solarzelle zu entwickeln, die einerseits hocheffizient ist, andererseits einfach und in grossen Mengen produziert werden kann. Dabei ist Empa-Forschern ein (weiterer) grosser Schritt nach vorn gelungen: Sie entwickelten ein neues Herstellungsverfahren

20,4

Prozent der Energie des Sonnenlichts kann die jüngste Rekord-Solarzelle aus CIGS-Halbleitern in elektrischen Strom umwandeln. Damit sind die Dünnschichtzellen so effizient wie herkömmliche Zellen aus Silizium.

für hocheffiziente Dünnschichtsolarzellen aus CIGS-Halbleitern (Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid), bei dem winzige Mengen von Natrium und Kalium in die CIGS-Schicht eingebaut werden. Durch die spezielle Behandlung ändert sich die chemische Zusammensetzung der komplizierten Sandwichstruktur – und damit deren elektronische Eigenschaften, wie unter anderem detaillierte elektronenmikroskopische Untersuchungen ergaben. Die Einzelheiten der neuen Methode wurden im November im renommierten Fachblatt «Nature Materials» veröffentlicht.

Den Vorsprung von Silizium aufgeholt

Dadurch konnten die Empa-Forscher den Wirkungsgrad für die Energieumwandlung von Sonnenlicht in Elektrizität bei CIGS-Dünnschichtsolarzellen auf flexiblen Plastikfolien erneut deutlich steigern – auf einen neuen Rekordwert von 20,4 Prozent, was eine markante Verbesserung darstellt im Vergleich zum bisherigen Rekord von 18,7 Prozent, den das gleiche Team im Mai 2011 aufgestellt hatte. Damit können die CIGS-Zellen – endlich – mit den besten polykristallinen Siliziumsolarzellen mithalten.

Bis vor Kurzem waren die Empa-CIGS-Zellen gar die effizientesten weltweit; Ende Oktober stellte dann ein deutsches Forscherteam am Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) in Stuttgart CIGS-Zellen mit einem Wirkungsgrad von 20,8 Prozent vor, allerdings mit deutlich höheren Temperaturen bei der Produktion und auf (starrem) Glas als Trägermaterial. Der knapp überbotene Rekordwert zeigt: CIGS-Dünnschichttechnologien sind ein «heisses» Forschungsthema – und die Empa mischt vorne mit. Die CIGS-Forschungsarbeiten wurden vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF), der Kommission für Technologie und

Innovation (KTI), dem Schweizerischen Bundesamt für Energie (BFE) sowie den EU-Rahmenprogrammen gefördert. Hocheffiziente, leichte und flexible Dünnschichtsolarmodule eignen sich hervorragend für zahlreiche Anwendungen, wie in grossen Solarparks, auf Dächern oder an Fassaden bis hin zu tragbaren Elektronikgeräten. Sie können durch «Rolle-zu-Rolle»-Herstellungsverfahren produziert werden, die gegenüber der Siliziumtechnologie weitere Kosteneinsparungen ermöglichen. Sie haben also das Potenzial, Solarstrom in naher Zukunft tatsächlich erschwinglich zu machen.



Das Jungunternehmen Flisom AG entwickelt mit Partnern flexible CIGS-Solarmodule (Bild: Flisom AG).

Vom Labor zum 15-Megawatt-Werk

Zurzeit arbeiten die Empa-Forscher mit Hochdruck an weiteren Verbesserungen der «Rezeptur» – und an der Hochskalierung des Labormassstabs, um auch grossflächige Module für verschiedene Industrieanwendungen herstellen zu können. Partner der Empa ist dabei die Firma Flisom, ein Jungunternehmen, das sich die Industrialisierung flexibler CIGS-Solarzellen zum Ziel gesetzt hat. Ende Februar ist es Flisom gelungen, einen Schweizer Investor und den bisherigen strategischen Partner, den indischen Industriekonzern Tata, für eine dritte Förderrunde zu gewinnen und damit den Bau einer Produktionsstätte mit einer Jahreskapazität von 15 Megawatt zu finanzieren. Das geplante Werk soll als Prototyp für Anlagen dienen, um flexible Solarmodule im grossindustriellen Massstab kostengünstig herzustellen.

Kesterit, ein Mineral mit Potenzial

Kesterit, eine mineralische Verbindung aus Kupfer, Zink, Zinn, Schwefel und Selen, ist ebenfalls ein vielversprechendes Material für hocheffiziente, günstige Dünnschichtsolarzellen. Ein grosser Vorteil liegt in der nahezu unerschöpflichen Verfügbarkeit der Rohstoffe – im Gegensatz etwa zu Indium. Der höchste Wirkungsgrad, der bisher im Labor von IBM mit diesem Material erreicht

wurde, liegt indes erst bei 12,6 Prozent – und damit noch deutlich hinter demjenigen von CIGS-Solarzellen. Empa-Forscher arbeiten zurzeit an chemischen Druckverfahren, mit denen sich Kesteritschichten mit hohem Wirkungsgrad wirtschaftlich herstellen lassen.



Empa-Forscher Stephan Bücheler nimmt eine CIGS-Zelle aus der Verdampfungsanlage. Im Hochvakuum wurde eine Mischung aus Kupfer, Indium, Gallium und Diselenid auf die Trägerfolie aus Plastik aufgedampft – daher das Kürzel CIGS.

Hochleistungsakku der nächsten Generation

Die ersten chemischen Grundlagen zu den heute äusserst beliebten Lithium-Ionen-Akkus wurden 1976 an der Technischen Universität München entdeckt. 1980 fand dann ein Forscher der University of Oxford das passende Material für die Kathode: Lithium-Cobalt(III)oxid. Doch

erst 1991 – 15 Jahre nach den ersten Forschungsergebnissen – brachte Sony einen Lithium-Ionen-Akku auf den Markt. Er lieferte Strom für eine Videokamera. Heute befeuern solche Stromzellen Milliarden von Handys, Akkuschaubern, Fotoapparaten und elektrischen Zahnbürsten – und ein paar Tausend Elektroautos rund um den Globus. Doch der Rohstoff Lithium wird langsam knapp. Neue Ideen sind gefragt.

Einer der Visionäre, die an der Batterie der nächsten Generation arbeiten, ist Maksym Kova-

lenko. Der gebürtige Ukrainer lehrt seit anderthalb Jahren an der ETH Zürich und forscht mit seiner Arbeitsgruppe an der Empa. Seine Spezialität: einerseits alternative Materialien für Batterien der Zukunft zu finden, andererseits Elektroden aus Nanopartikeln zu bauen, die die chemischen Prozesse in der Batterie beschleunigen. Die Batterie lädt schneller, kann besser Strom abgeben und zeigt weniger Verschleiss. Möglicherweise liegt die Lösung gerade in der Kombination dieser beiden Strategien: neue Materialien, die nur im Nanomassstab gut funktionieren.

Erste Hinweise auf eine zukünftige Batterietechnik gibt es schon; ein vielversprechender Kandidat ist die Natrium-Ionen-Batterie. Die Weltvorkommen an Natrium sind sehr viel grösser als die an Lithium – und es ist global nicht so ungleichmässig verteilt. Eine Natrium-Ionen-Batte-

20

Nanometer klein sind die Nanokristalle aus dem Halbmetall Antimon. Sie könnten als Anodenmaterial in zukünftigen Natrium-Ionen-Batterien funktionieren.



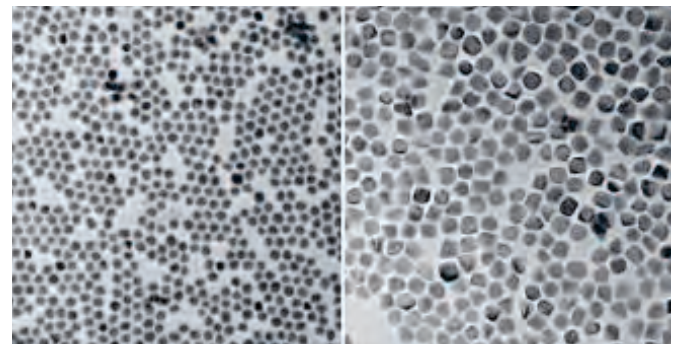
2013 erhielt Maksym Kovalenko den Ruzicka-Preis für seine Forschungsarbeit. Seit 1957 wird der Preis, der nach dem Nobelpreisträger Leopold Ruzicka benannt ist, an junge Forschende vergeben, die Herausragendes auf dem Gebiet der Chemie geleistet haben. Das Kuratorium hat seit 1957 bereits etliche Talente entdeckt: Unter den Preisträgern sind etwa Richard Ernst (Magnetische Resonanz, Nobelpreis 1991) und Charles Weissmann (Priorienforschung). Das Preisgeld stiftet die Chemische Industrie der Schweiz.

rie würde also viele Probleme lösen. Doch der Ressourcenvorteil wird durch einen (chemischen) Nachteil erkauft: Natrium-Ionen sind 40 Prozent grösser als Lithium-Ionen. Sie lassen sich also nicht in Graphit einlagern – daher ist die bisherige Anodentechnik, basierend auf Lithium, eingelagert in Graphit, unbrauchbar.

Erfolgreiche Suche

Auf der Suche nach einem passenden Material wurde das Empa-Team jüngst fündig: Nanokristalle aus Antimon mit einem gleichmässigen Durchmesser von 20 Nanometern stellten sich als «das beste bisher gefundene Anodenmaterial für Natrium-Ionen-Batterien» heraus, wie das Team in einer Veröffentlichung in der Zeitschrift «Nano Letters» schrieb. Zudem fanden die Forscher heraus: Es gibt bei den Nanoteilchen auch eine ideale Grösse, in der sie als Batterieanode am besten funktionieren. Ein erster Schritt hin zu einer Natrium-Ionen-Batterie ist damit getan.

Der Empa-Forscher betont, dass er nicht an technischen Lösungen forscht, sondern an passenden Konzepten für die Zukunft. Und während bei Lithium-Ionen-Batterien bereits viele Varianten durchgerechnet und erprobt wurden, liegt bei anderen Batterietypen noch vieles im Dunkeln. Man kenne derzeit nur etwa ein Promille der Chemie, die es in Zukunft zu nutzen gilt, schätzt Kovalenko. Mit seinen nanostrukturierten Materialien hat der Empa-Forscher einen ersten Schritt in diese «neue» Chemie unternommen.



Antimon-Nanokristalle im Elektronenmikroskop: Die Kristalle wurden in Kovalenkos Arbeitsgruppe synthetisiert und sind alle gleich gross. Sie gelten als das beste bisher gefundene Anodenmaterial für künftige Natrium-Ionen-Batterien.

Bis ins kleinste Detail

Während der letzten zwei Jahre haben Forschende der Empa in einer Zusammenarbeit mit IBM im Binnig and Rohrer Nanotechnology Center in Rüschlikon ein Rastertransmissionselektronenmikroskop (STEM von engl. Scanning Transmission Electron Microscope) der Sonderklasse evaluiert und aufgebaut. Es steht in einem

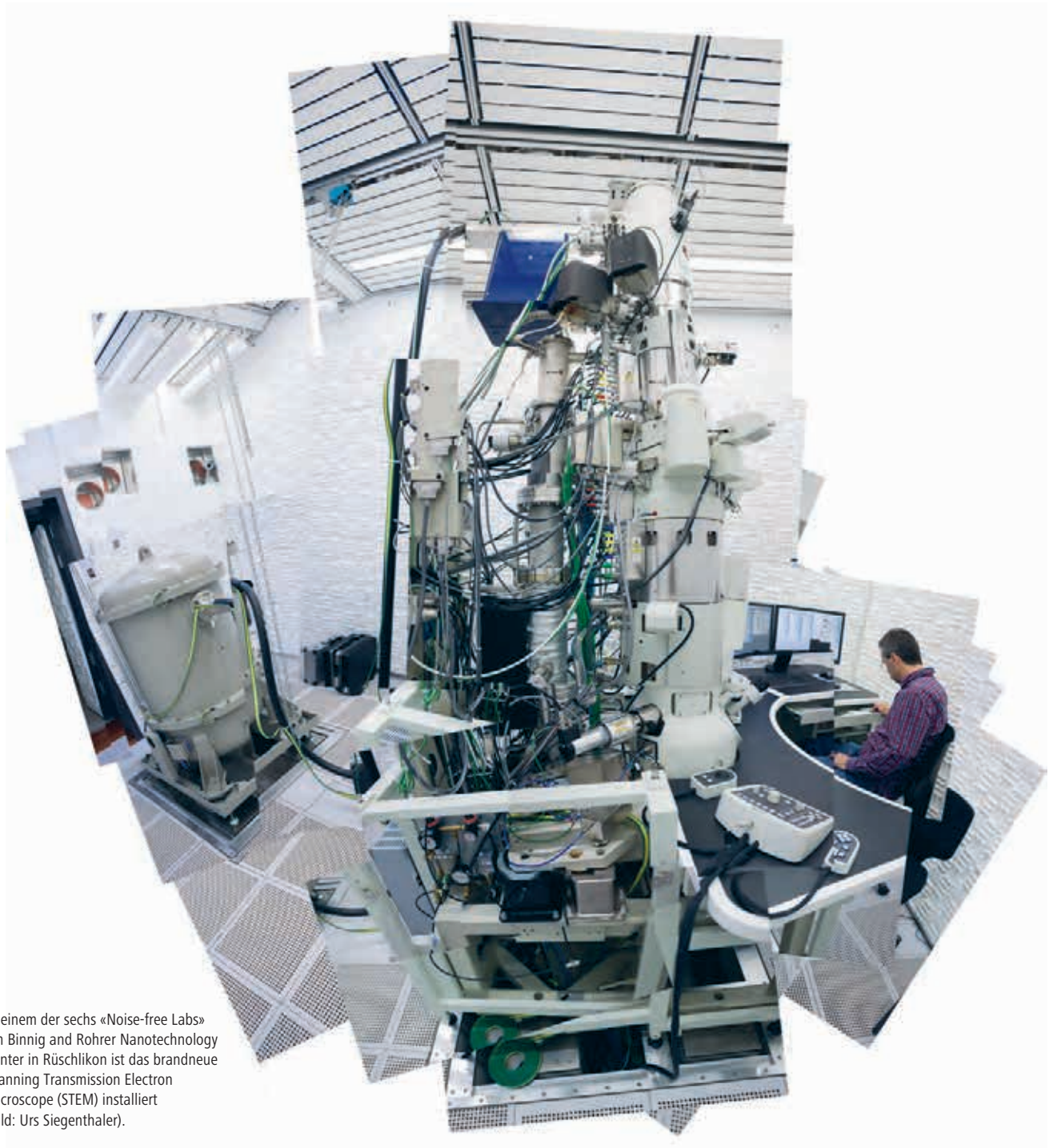
10⁻¹⁰

Meter beträgt die Auflösung des Rastertransmissionselektronenmikroskops im «Noise-free Lab» der IBM. Es kann Details zeigen, die kleiner sind als der Durchmesser eines Atoms.

Speziallabor für extrem empfindliche Messungen: Das «Noise-free Lab» schützt nicht nur vor seismischen und akustischen Störungen; es verhindert auch Temperaturschwankungen und schirmt elektromagnetische Felder ab. Die Kombination von Speziallabor und erstklassiger Elektronenmikroskopie ermöglicht künftig Messungen mit einer Präzision, wie es sie in der Schweiz noch nie gegeben hat.

Know-how und Fingerspitzengefühl

Für die Zusammenarbeit brachten die Empa-Forscherinnen und Forscher des Zentrums für Elektronenmikroskopie genau die richtigen Voraussetzungen mit. Sie besitzen grosse Erfahrung im Präparieren von Proben, die lediglich zwischen 10 und 100 Nanometer dünn sind, und wissen mit den hochsensiblen Elektronenmikroskopen bestens umzugehen. Schon an der Empa war es ihnen gelungen, mittels STEM Aufnahmen zu machen, die ihresgleichen suchen: Um Lithium-Eisenphosphat-Teilchen dreidimensional abzubilden, haben die Forschenden Proben mit einem Elektronenstrahl abgerastert. Detektoren unterhalb der Probe registrierten, wie viele Elektronen dabei gestreut wurden. Aus diesen Daten entstanden sogenannte Dunkelfeldaufnahmen: Bilder, auf denen Bereiche mit



In einem der sechs «Noise-free Labs» am Binnig and Rohrer Nanotechnology Center in Rüschlikon ist das brandneue Scanning Transmission Electron Microscope (STEM) installiert (Bild: Urs Siegenthaler).

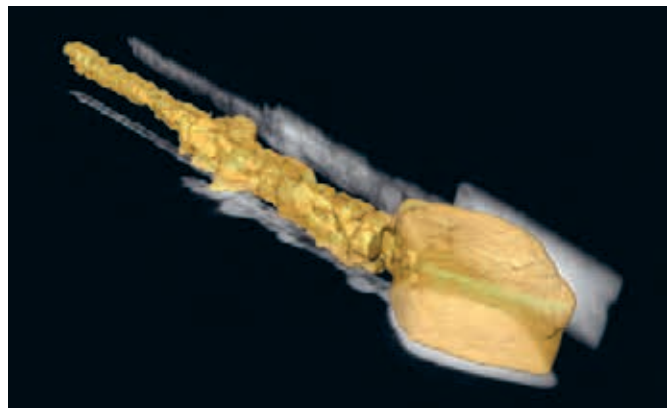
höherer Dichte heller erscheinen – ähnlich einer Röntgenaufnahme. Für eine dreidimensionale Darstellung wurden die Proben schrittweise um ein bis zwei Grad über einen Winkelbereich von rund 150 Grad gedreht; so entstanden mehr als 100 Bilder, aus denen sich mit Hilfe komplexer Computeralgorithmen die 3-D-Struktur des Nanopartikels rekonstruieren liess. Was sich einfach anhört, erfordert einiges an Know-how und Erfahrung, um das Tomogramm richtig zu interpretieren. Die Resultate ermöglichen den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern Einblicke ins Innere der Materialien; sie können beispielsweise sehen, ob Nanopartikel innen eine andere chemische Zusammensetzung haben als an der Oberfläche.

Das STEM dient aber auch dazu, ultradünne Schichten und Grenzschichten zu analysieren. So wusste man beispielsweise, dass Bariumtitanat (BaTiO_3) auf elektro-optische Signale schnell und stark reagiert. Es würde sich damit geradezu ideal als Material für Hochgeschwindigkeitsschalter in der Photonik eignen – der optischen Übertragung von Informationen. In einer im April 2013 im Fachblatt «Nature Communications» veröffentlichten Studie konnten die Forschenden zeigen, dass BaTiO_3 auch als ultradünne Schicht auf Silizium die gewünschten Eigenschaften beibehält – und somit tatsächlich in der Siliziumphotonik verwendet werden könnte. Deren Ziel ist es, elektronische Schaltkreise in Zukunft mit Licht anstatt mit Elektronen

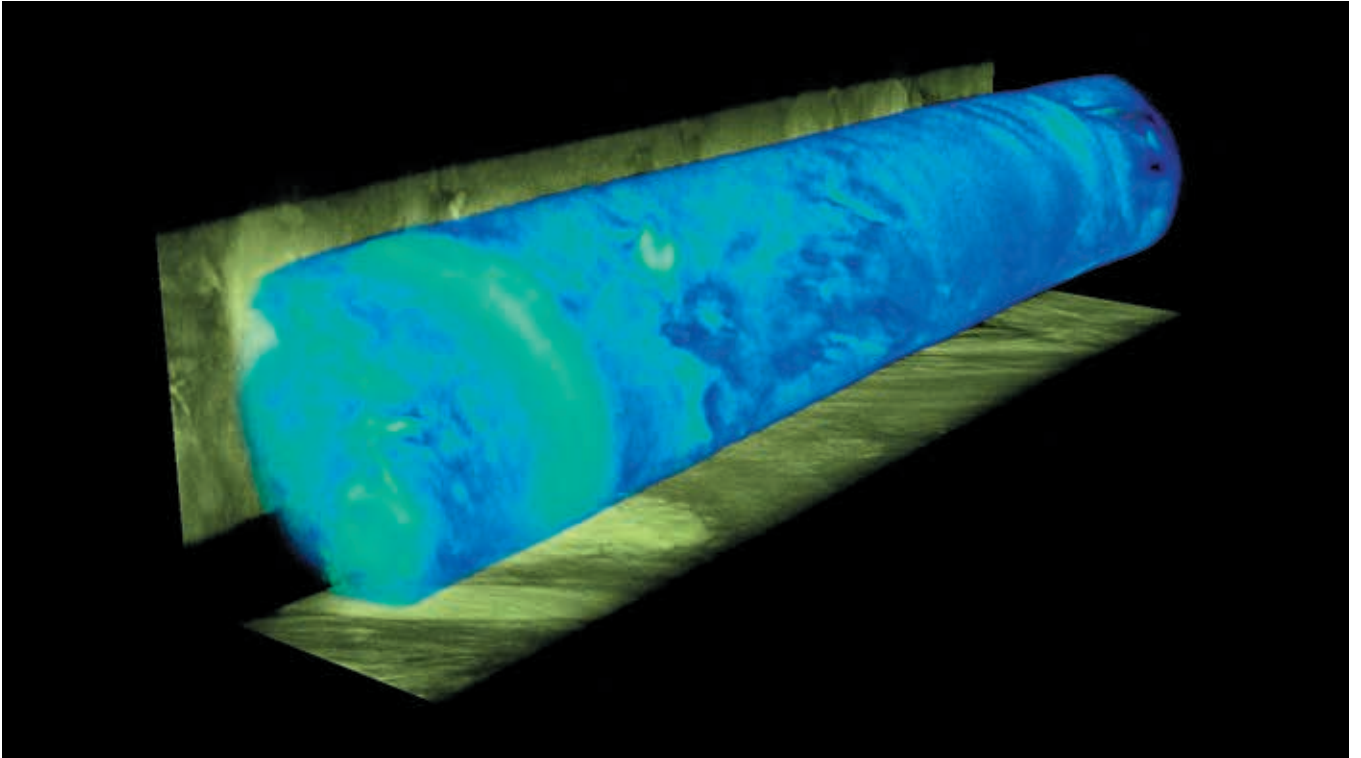
zu betreiben. Dadurch könnten Netzwerkkomponenten örtlich voneinander getrennt und so effizientere Serverstrukturen geschaffen werden.

Ein STEM für die «Champions League» der Materialanalyse

Das neue STEM im IBM Nanotech Center ermöglicht – wie erste Tests gezeigt haben – Auflösungen im Sub-Angström-Bereich (also unter 10^{-10} m); es kann also Details über den Aufbau der Materie zeigen, die kleiner sind als der Durchmesser eines einzelnen Atoms.



3-D-Ansicht eines Lithium-Eisenphosphat-Teilchens, wie es in Lithium-Ionen-Batterien vorkommt.



Opalinuston, ein mögliches Barrierematerial für nukleare Abfälle.

Doch das neue STEM bringt nicht nur eine höhere Auflösung, es bietet auch einige Neuerungen: Wie bei allen optischen Elementen treten auch bei elektromagnetischen Linsen Abbildungsfehler oder Unschärfen auf. Beispielsweise treffen nicht alle Elektronen, nachdem sie eine Linse durchquert haben, wieder in einem Punkt zusammen. Das neue Gerät besitzt deshalb zwei Korrektoren, um die sphärischen Abbildungsfehler zu korrigieren. Zudem verfügt es über eine kalte Feldemissionsquelle, die den Elektronenstrahl mit verschiedenen Spannungen – 200 kV oder 80 kV – auf die Probe richten kann. Niederspannung ist von Vorteil, wenn sensible Materialien wie Graphen oder kristalline Grenzflächen unter-

sucht werden sollen. Hochspannung kommt dann zum Einsatz, wenn maximale Auflösung benötigt wird: Bei 80 kV ist die Auflösung etwa 0,14 nm, bei 200 kV <0,08 nm.

Sensible Materialien stehen auch im Zentrum des dreijährigen, vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF) geförderten Projekts «Atomic EELS», das 2013 unter der Leitung der Empa angelaufen ist. Ziel ist es, mit Hilfe des neuen STEM und mittels Elektronenenergieverlustspektroskopie («electronic energy-loss spectroscopy», kurz EELS) elektronische Struktur, Bindungsverhalten und Oxidationszustände verschiedener chemischer Elemente in Materialien zu bestimmen. Bei besserer Auflösung ist mehr Feinstruktur der Spektren zu sehen, doch um zu interpretieren, was diese nun bedeuten, müssen theoretische Berechnungen herangezogen werden. Sonst bleiben die Aussagen wenig eindeutig und lassen offen, wie Spektren die physikalischen Eigenschaften eines Materials reflektieren.



Empa als Juniorpartner

Im Dezember unterschrieb die Direktion der Empa einen Vertrag mit der ETH Zürich, der die Empa zur offiziellen Juniorpartnerin des Binnig and Rohrer Nanotechnology Center in Rüschlikon macht. Ihre Mitarbeitenden bekommen damit Zugang zu Reinräumen und Geräten für die Mikro- und Nanofabrikation, die ihresgleichen sucht.

«Noise-free Labs» sind Speziallabors für extrem empfindliche Messungen.

Gesundheit im Alltag elektronisch überwacht

Zivilisationskrankheiten führen in einer stetig alternden Gesellschaft zu immer höheren Kosten. Denn bislang können Stoffwechselfehlfunktionen meist nur durch aufwändige Labortests in Spitälern diagnostiziert und überwacht werden. Besser wäre eine kontinuierliche, elektronische Überwachung der Patienten – ortsunabhängig und mit Warnhinweisen in Echtzeit, sobald physiologische Parameter wie Blutzucker oder Cholesterin aus dem Ruder laufen.

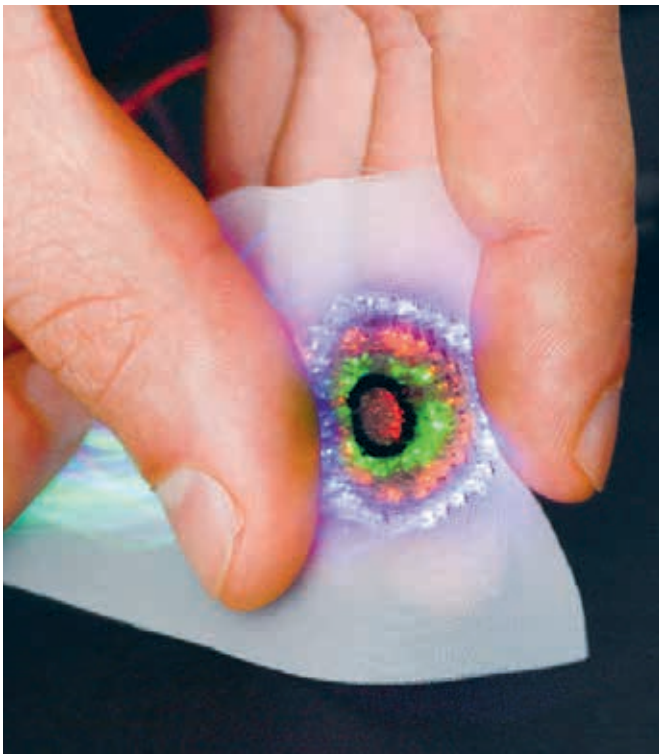
2400

Kilokalorien verbrennt ein 50-jähriger Büroangestellter mit 75 Kilo Gewicht und 1,75 Meter Körpergrösse pro Tag, eine Bürofrau mit gleichen Massen nur 2200 Kilokalorien. Wäre der Mann nicht im Büro, sondern Bauarbeiter, würde er 3600 Kilokalorien pro Tag verbrennen.

Ein Kalorienzähler im T-Shirt

Ein Risikofaktor mit vielfältigen gesundheitlichen Auswirkungen ist Übergewicht beziehungsweise Fettleibigkeit. Empa-Forschende haben es sich daher im Projekt «Obesense» zum Ziel gesetzt, Übergewichtige jederzeit über deren aktuelle Kalorienzufuhr und -verbrauch zu informieren. Steht diese Information in Echtzeit zur Verfügung, könnte dies die Betroffenen dazu moti-

vieren, ihr Essverhalten zu ändern und ihr Gewicht nachhaltig zu reduzieren. Entscheidende Messwerte, um den Kalorienverbrauch zu berechnen, sind Atemfrequenz und Atemvolumen – denn die Verbrennung von Kohlenhydraten benötigt Sauerstoff. Je mehr jemand atmet, desto mehr kann er verbrennen, etwa bei körperlicher Anstrengung. Für die Messung wird ein Licht leitendes, elastisches Co-Polymer über den Bauch des Betroffenen gespannt und von einer Leuchtdiode (LED) durchleuchtet. Atmet der Patient, dehnt sich die elastische Faser und ändert dadurch ihre optische Leitfähigkeit. Es kommt weniger Licht am integrierten Lichtsensor an.



Aus der gemessenen Bewegung am Bauch lässt sich das Atemvolumen bestimmen. Eine 24-Stunden-Überwachung des Kalorienverbrauchs wird so möglich.

Wieviel Sauerstoff ist im Blut?

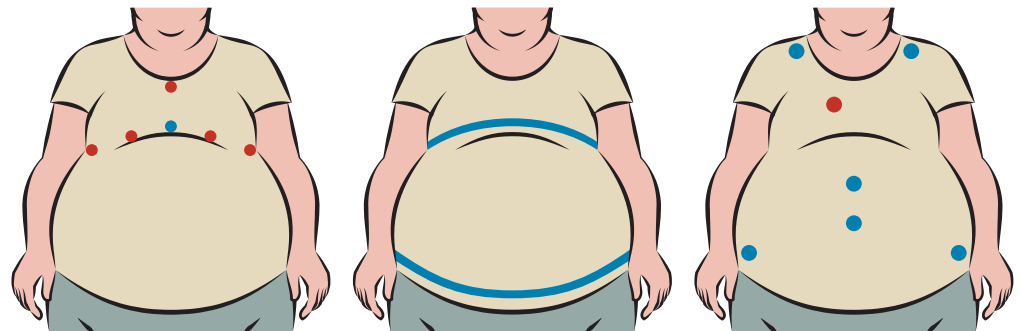
Ein weiteres Projekt, das ebenfalls im Rahmen der Nano-Tera-Initiative gefördert wird, beschäftigt sich mit einer alternativen Methode, den Sauerstoffverbrauch zu messen. Eine Messung nach dem sogenannten Fickschen Prinzip benötigt drei Parameter: das vom Herz gepumpte Blutvolumen sowie die Sauerstoffsättigung sowohl in den Arterien als auch in den Venen. Zwei dieser Parameter, Herzfrequenz und arterielle Sauerstoffsättigung, können mit einem Pulsoxymeter einfach bestimmt werden – ein Clip am Finger, Zeh oder Ohrläppchen genügt. Schwieriger ist es, die Sauerstoffsättigung in den Venen zu messen, denn sie fällt an vielen Stellen des Körpers höchst unterschiedlich aus. Möglich macht dies ein neuartiges Sensor-Shirt mit mehreren im Infrarotbereich leuchtenden Messpunkten. Textilforscher der Empa haben dafür einen Leuchtsensor aus gestickten Fäden entwickelt. Für die Auswertung der Signale sorgt eine Elektronik, die zurzeit am Centre Suisse d'Electronique et Microtechnique (CSEM) in Neuchâtel entwickelt wird.

Textiler Leuchtsensor, der den Sauerstoffgehalt des Blutes messen kann: Der Sensor ist biegsam und waschbar und kann in ein Überwachungs-T-Shirt eingenäht werden.

Blutsensor misst Stoffwechselprodukte

Um Stoffwechselkrankheiten in den Griff zu bekommen, ist es nötig, bestimmte Signalstoffe im Blut über längere Zeit zu überwachen. Derartige Online-Systeme gibt es derzeit jedoch nur für den Blutzuckerspiegel. Sie kommen bei Diabetikern bereits häufig zum Einsatz. Das Projekt «i-IronIC» versucht die Online-Überwachung auf Stoffe auszudehnen, die bislang nur durch aufwändige Labortests einzelner Blutproben zu erfassen sind: Lactat, Cholesterin, ATP und weitere. So können Herz-Kreislauf-Erkrankungen, chronische Entzündungen und Fehlernährung leichter

(und früher) entdeckt werden. Die Biokatalyse-Expertinnen und Experten der Empa beteiligen sich ebenfalls am Projekt; sie isolieren neue Redox-Enzyme, die die erforderlichen Messströme erzeugen und an die Mikroelektronik weitergeben, und integrieren diese in Kohlenstoffnanoröhrchen. Ziel des Projekts ist ein implantierbarer Blutsensor, der von ausserhalb des Körpers mit Strom versorgt wird und Daten nach draussen liefert.



Funktionsweise des Überwachungs-T-Shirts: Sechs EKG-Sensoren, davon einer auf dem Rücken, überwachen den Kreislauf (links); flexible Leuchtfasern messen das Atemvolumen (Mitte); Leuchtsensoren ermitteln die Sauerstoffkonzentration in Arterien und Venen (rechts).

Elektronik im Nanomassstab

Graphen ist ein ganz spezielles Material: Es besteht aus einer Kohlenstoffschicht, die nur eine Atomlage dünn ist und in der die Atome in Sechsecken angeordnet sind, ähnlich wie in (flachgedrückten) Honigwaben. Graphen ist härter als Diamant, extrem reissfest, undurchlässig für

Gase und ein hervorragender Wärmeleiter. Es gilt ausserdem wegen seiner aussergewöhnlichen elektronischen Eigenschaften als mögliches Ersatzmaterial für Silizium in der Halbleitertechnologie. Bevor Graphen und verwandte Materialien dort jedoch eingesetzt werden können, sind noch einige Hürden zu überwinden, denn reines Graphen ist kein Halbleiter. Die sogenannte Bandlücke, die den isolierenden Zustand in Halbleitern ermöglicht, ist bei Graphen verschwindend klein. Das heisst: Graphen lässt sich nicht «ausschalten», sondern leitet immer. Empa-

Forscher haben daher zunächst Methoden entwickelt, um schmale Graphenbänder mit grösseren – sprich: praktisch nutzbaren – und definierten Bandlücken herzustellen.

Bauen statt zuschneiden

Bislang wurden Graphenbänder mittels lithografischer oder chemischer Methoden aus Graphenschichten «ausgeschnitten». Durch die unpräzisen Schnittränder leiteten die Bänder allerdings nur ungenügend. Zudem sind ultraschmale Bänder mit einer für Anwendungen interessanten Bandlücke auflösungsbedingt nicht zugänglich. Um das Problem zu umgehen, entwickelten die Forschenden eine «Bottom-up»-Methode. Dabei bauten sie mittels molekule-

1

Nanometer breit sind die Graphenbänder, die mittels «Bottom-up»-Methode der Empa hergestellt werden können.

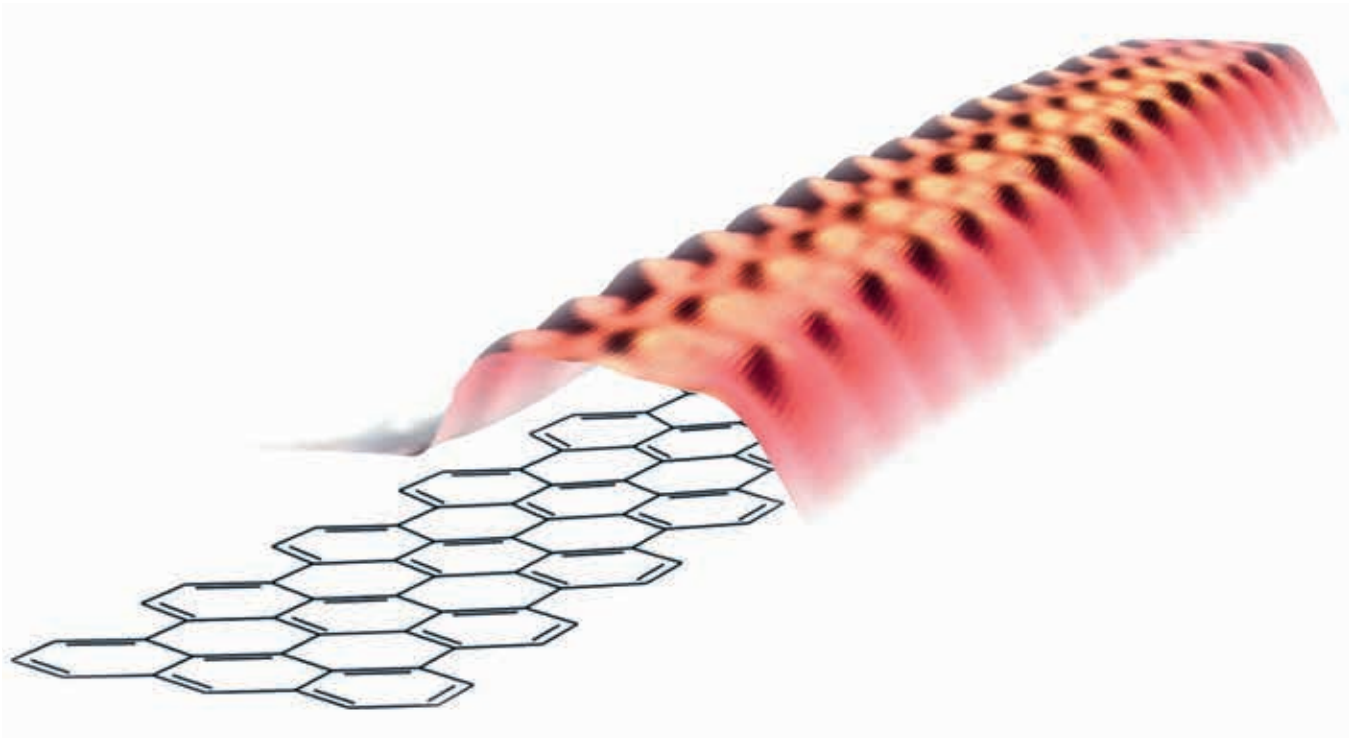


Abbildung eines Graphenbands mittels Rastertunnelmikroskopie.

Kontakt

Prof. Dr. Roman Fasel
roman.fasel@empa.ch

Dr. Pascal Ruffieux
pascal.ruffieux@empa.ch

larer Selbstorganisation Graphenbänder aus einzelnen Vorläufermolekülen auf. Molekulare Selbstorganisation schafft es, dass sich diese Moleküle – sogenannte funktionalisierte Polyphenylene – aneinanderkoppeln. Die Streifen werden also nicht zugeschnitten, sie bauen sich «wie von selbst» einzeln auf.

Bislang können solche Bänder indes nur bis zu einer Länge von rund 30 Nanometern synthetisiert werden. Der Grund dafür wurde ebenfalls an der Empa entdeckt: Bei der Koppelung der Vorläufermoleküle zu einem Streifen lagern sich mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit Wasserstoffatome an den «Koppelungsstellen» an und verhindern so das Andocken weiterer Vorläufermoleküle; das Graphenband hört auf zu wachsen. Das nächste Ziel der Empa-Forscher ist es nun, nicht nur dieses Problem zu lösen, sondern auch die elektronischen und optischen Eigenschaften der Graphenstreifen genauer zu erforschen. Dazu wurde im Rahmen eines gemeinsamen Projekts mit der Firma BASF eine Anlage gebaut, die solche Graphenbänder im «Bottom-up»-Verfahren automatisch herstellt. Die Graphenbänder werden dann für weitere Forschungszwecke verwendet. Auf Grundlage der wichtigsten Erkenntnisse wurden bereits vier Patentanträge eingereicht.

Einzelne Atome im Graphen ersetzen

Ein besonders spannender Aspekt der «Bottom-up»-Herstellung von Graphenbändern ist die Möglichkeit einer Stickstoffdotierung durch eine einfache Modifikation der verwendeten Vorläufermoleküle. Dabei werden einige der Kohlenstoffatome durch Stickstoff ersetzt. Durch den Einbau des Stickstoffs in die Graphenbänder ändern sich deren elektronische Eigenschaften. Durch Aneinanderbauen von «normalen» und mit Stickstoff dotierten Segmenten können sogenannte Heteroübergänge und Heterostrukturen hergestellt werden. Die Forscher haben an einem Beispiel bereits gezeigt, dass solche Heteroübergänge ähnliche Eigenschaften wie ein klassischer p-n-Übergang aufweisen, also ein Übergang von positiver zu negativer Dotierung in Halbleitern. Ein solcher bewirkt, dass der Strom bei einer äusseren Spannung nur in eine Richtung fliesst oder dass Elektron-Loch-Paare effizient getrennt werden. Doch damit nicht genug: Graphen könnte in Zukunft auch in optischen Anwendungen zum Einsatz kommen, etwa in Solarzellen; den Empa-Forschern fiel nämlich auf, dass ultraschmale Graphenbänder eine aussergewöhnlich hohe Absorption von sichtbarem Licht aufweisen und sich daher hervorragend als Absorberschicht in organischen Solarzellen eignen sollten.

Neue Vorspannmaterialien fürs Bauwesen: Eisenlegierungen mit Gedächtnis

Formgedächtnislegierungen (engl. shape memory alloy, SMA) haben eine besondere Eigenschaft: Sie nehmen selbst nach starker Verformung automatisch oder durch Wärmeeinwirkung wieder ihre ursprüngliche Gestalt an. SMA-Materialien werden bereits für Brillengestelle,

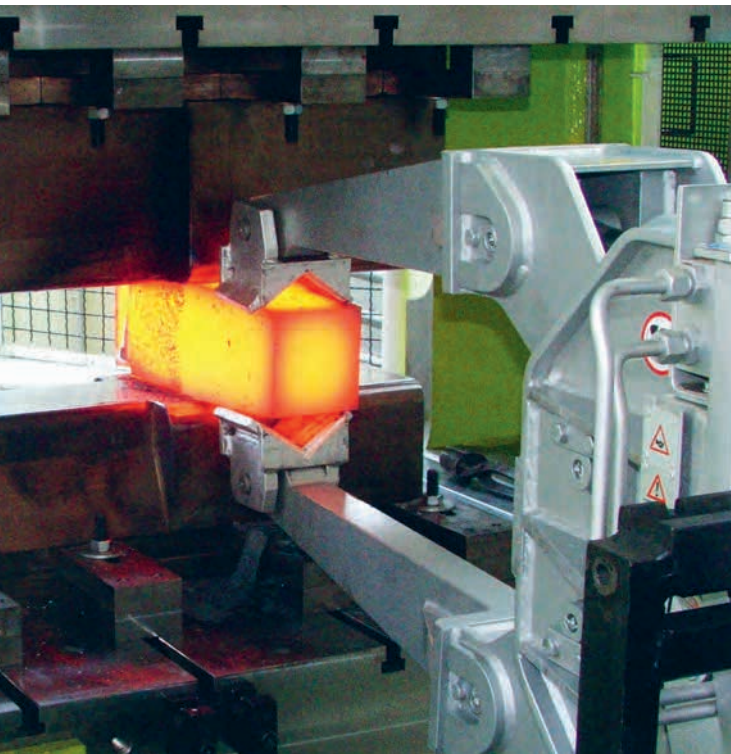
Thermostate, Stents, Mikroaktuatoren usw. verwendet.

Doch nicht nur für die Medizin oder für teure Designerbrillen sind Materialien mit Formgedächtnis interessant; auch im Bauwesen sind Anwendungen denkbar. An der Empa wurden bereits vor einigen Jahren erste Spezialanwendungen mit SMA demonstriert, damals noch auf Nickel-Titan-Basis. Wird ein Betonträger mit SMA-Stäben verstärkt, lassen sich diese durch Hitze «aktivieren»: Sie wollen sich in ihre ursprüngliche Form zusammenziehen. Da sie aber einbetoniert sind, geht das nicht, es entsteht eine Vorspannung in den Stäben. Der gleiche Effekt liesse sich auch bei Vorspannkabeln nutzen, etwa zum Vorspannen von Brückendecks. Das

Kabel muss lediglich mittels Durchleiten von elektrischem Strom erhitzt werden, damit es sich zusammenzieht. Die sonst übliche aufwändige Spannvorrichtung mit Hüllrohren, Ankerköpfen und Spannpressen mit Ölhydraulik entfällt. Das macht diese neue Technologie zu einer interessanten Alternative im Baugewerbe.

60

Milliarden Schweizer Franken wurden in der Schweiz gemäss Bundesamt für Statistik 2012 für Neubauten ausgegeben, eine Milliarde davon für Bewehrungsstahl und etwa sechs Millionen für Spannstahl. Für die neuen Legierungen wird europaweit ein Marktpotenzial von jährlich bis zu zehn Millionen Schweizer Franken erwartet.



Schmieden eines eisenbasierten Gussblocks einer Formgedächtnislegierung (SMA):
Um den Block verformen zu können, wird er auf etwa 1150 °C erhitzt
(Bild: TU Freiberg).

Es muss nicht immer Nickel-Titan sein

Nickel-Titan-SMA sind dafür jedoch viel zu teuer. Neben den etablierten Nickel-Titan-Systemen gibt es auch andere Legierungen mit Formgedächtnis; für den Bau interessant sind vor allem solche auf Eisenbasis. Bislang mussten sie zur Aktivierung des Formgedächtniseffekts allerdings auf bis zu 400 °C erhitzt werden, was für den Einsatz in Beton und Mörtel oder anderen temperaturempfindlichen Materialien viel zu hoch ist. Empa-Forschern ist es nun gelungen, eine neuartige Eisen-Mangan-Silizium-Legierung zu entwickeln, die bereits bei für Beton erträglichen Temperaturen um die 160 °C vorgespannt werden kann. Dazu «designten» Materialwissenschaftler mittels thermodynamischer Simulationen am Computer virtuelle Legierungen, die dann im Labor hergestellt und auf ihre Formgedächtniseigenschaften hin untersucht wurden. Mit Erfolg: Gleich mehrere dieser neuen Materialien genügten den Anforderungen der Bauingenieurkollegen – ein Meilenstein auf dem Weg zum günstigen Formgedächtnisstahl für Anwendungen im Industriesprich Tonnenmassstab.

Der lange Weg vom Labor zum fertigen Produkt

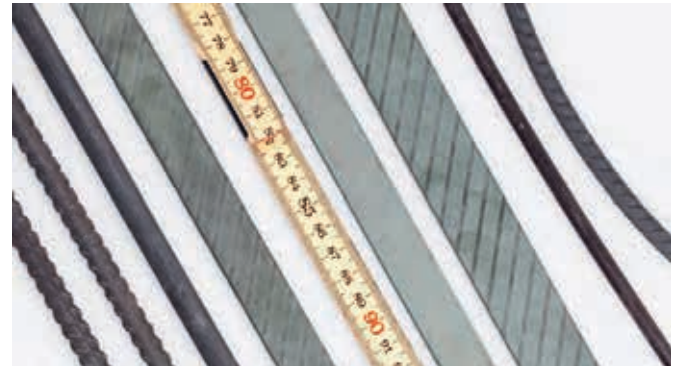
Eisenbasierte SMA dürften im Bauwesen gute Chancen haben. Das Vorspannen ist einfacher und deshalb günstiger als bei konventionellen Spannsystemen mit Spannstahl. Zudem sind sogar vorgespannte Systeme denkbar, die mit konventionellen Metho-

Kontakt

Dr. Christoph Czaderski
christoph.czaderski@empa.ch

Dr. Christian Leinenbach
christian.leinenbach@empa.ch

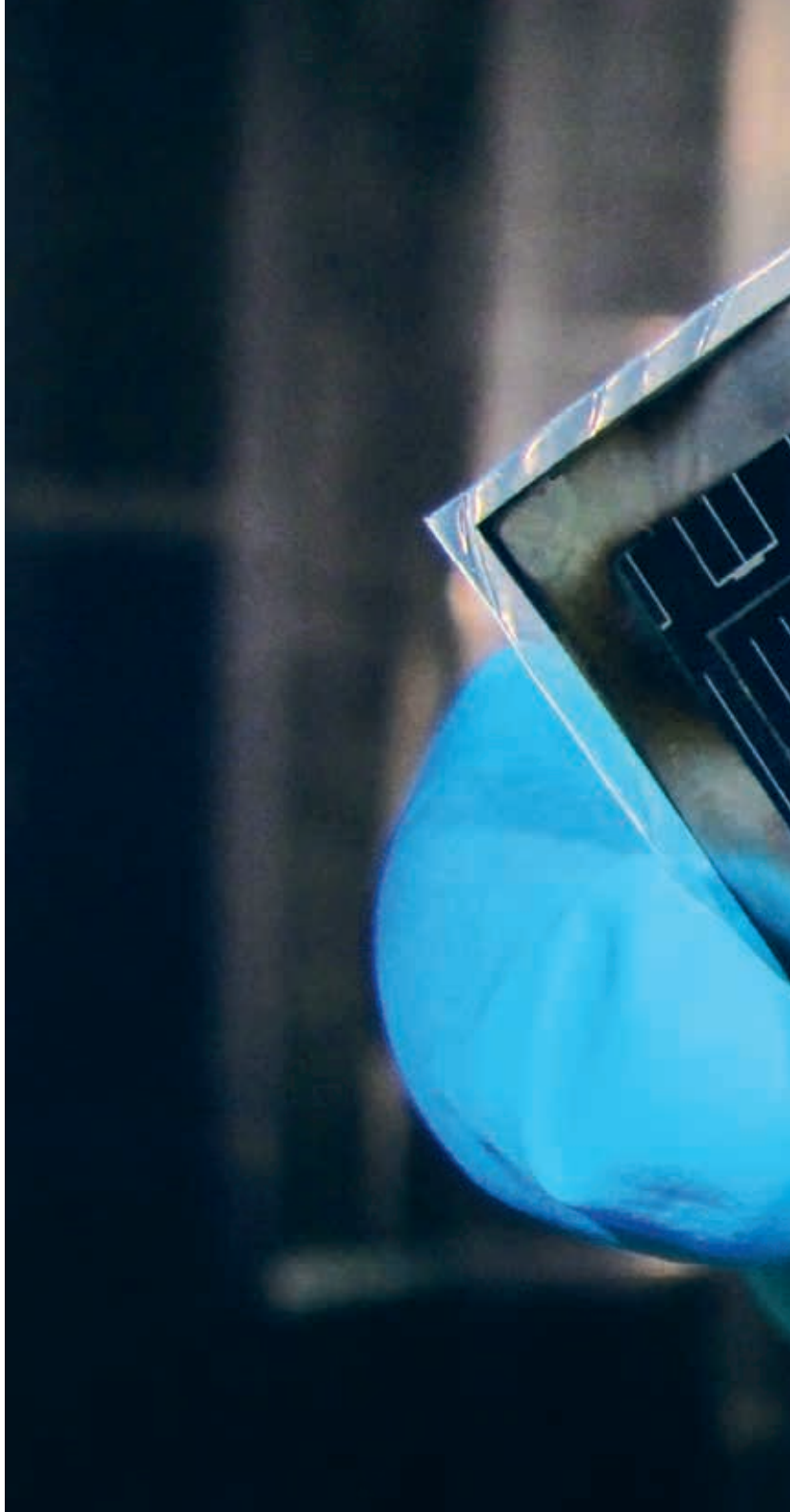
den nicht oder nur sehr schwierig machbar sind, wie zum Beispiel Kurzfaserbeton, Stützenumwicklungen, Einschlitzlamellen oder gerippte Bewehrungsstähle. Eine von der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) finanzierte Machbarkeitsstudie zeigte vor Kurzem, dass die neuen Legierungen nicht nur im Labormassstab von wenigen Kilogramm funktionieren. Sie konnten im Industriemassstab hergestellt werden, der Herstellungsprozess wurde mit Partnern wie der österreichischen Universität Leoben, der deutschen TU Bergakademie Freiberg und der deutschen Firma G. Rau GmbH praxisgerecht umgesetzt. Die Umformung vom Gussblock zu etwa zwei Millimeter dünnen Lamellen oder zu gerippten Bewehrungsstäben bei Temperaturen von mehr als 1000 °C benötigt ein enormes Fachwissen – und die entsprechende Ausrüstung. Denn die Umformungsprozesse mussten auf die neuartigen Legierungen abgestimmt und optimiert werden. Die so hergestellten Lamellen bewährten sich in den nachfolgenden Tests, bei denen sie in Schlitze in der Betonoberfläche einbetoniert wurden. Aufbauend auf den Empa-Entwicklungen wurde 2012 das Start-up-Unternehmen re-Fer (www.re-fer.eu) gegründet, das künftig eisenbasierte SMA für das Bauwesen produzieren und vertreiben wird. Die Kosten sollten bald in der Grössenordnung von rostfreiem Edelstahl liegen – und damit um ein vielfaches unter dem Preis für Nickel-Titan-Legierungen.

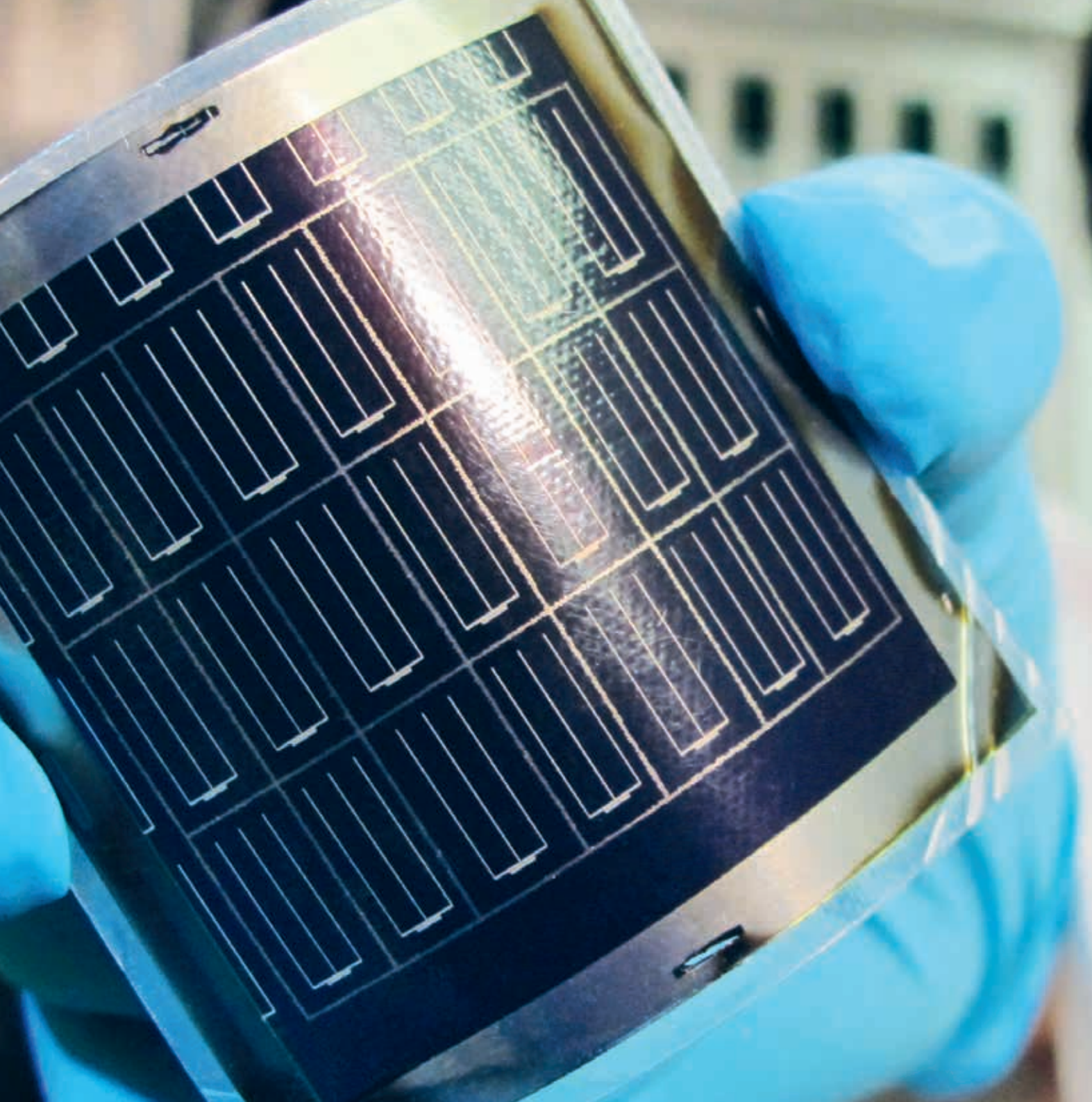


Betonbewehrungen für das Bauwesen aus einer eisenbasierten Formgedächtnislegierung (SMA): Fe-SMA-Lamellen und Fe-SMA-Stäbe jeweils mit und ohne Rippung.

Research Focus Areas

Wo liegen die grossen Herausforderungen unserer Zeit? Zweifellos in den Bereichen Gesundheit und Wohlbefinden des Menschen, Umwelt und Klima, bei den zur Neige gehenden Rohstoffen, in einer sicheren und nachhaltigen Energieversorgung und bei der Erneuerung unserer Infrastruktur. In ihren «Research Focus Areas» – Gesundheit und Leistungsfähigkeit, Natürliche Ressourcen und Schadstoffe, Energie, Sustainable Built Environment, Nanostrukturierte Materialien – bündelt die Empa das interdisziplinäre Know-how ihrer 28 Forschungslabors und erarbeitet dadurch praxisnahe Lösungen für Industrie und Gesellschaft.



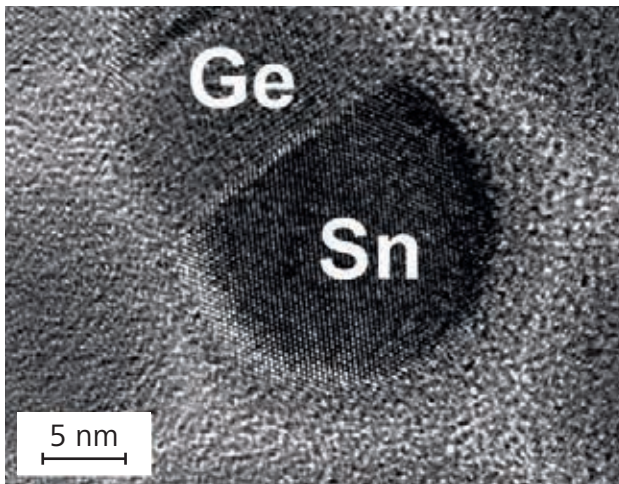




Wenn die Struktur wichtiger wird als die Chemie

Die Vision der modernen Materialwissenschaft ist es, mit NanoBausteinen und einer cleveren Architektur massgeschneiderte Materialien mit besseren oder neuartigen Eigenschaften zu entwickeln. Die Erkenntnis, dass die Eigenschaften von Werkstoffen massgeblich von deren

Mikrostruktur abhängen, ist so alt wie die Materialwissenschaft selbst. Werkstoffe jedoch gezielt und kontrolliert Baustein für Baustein zu designen – das wurde erst durch die Nanotechnologie möglich. Die Bausteine in diesem «Material-Lego» sind dabei Nanopartikel oder Nanokristalle, die zum Teil selbst schon eine komplexe innere Struktur aufweisen. Diese werden dann mit geeigneten Beschichtungsmethoden oder über Selbstorganisation und nachfolgendem Konsolidierungsprozess zu robusten Werkstoffen verarbeitet.

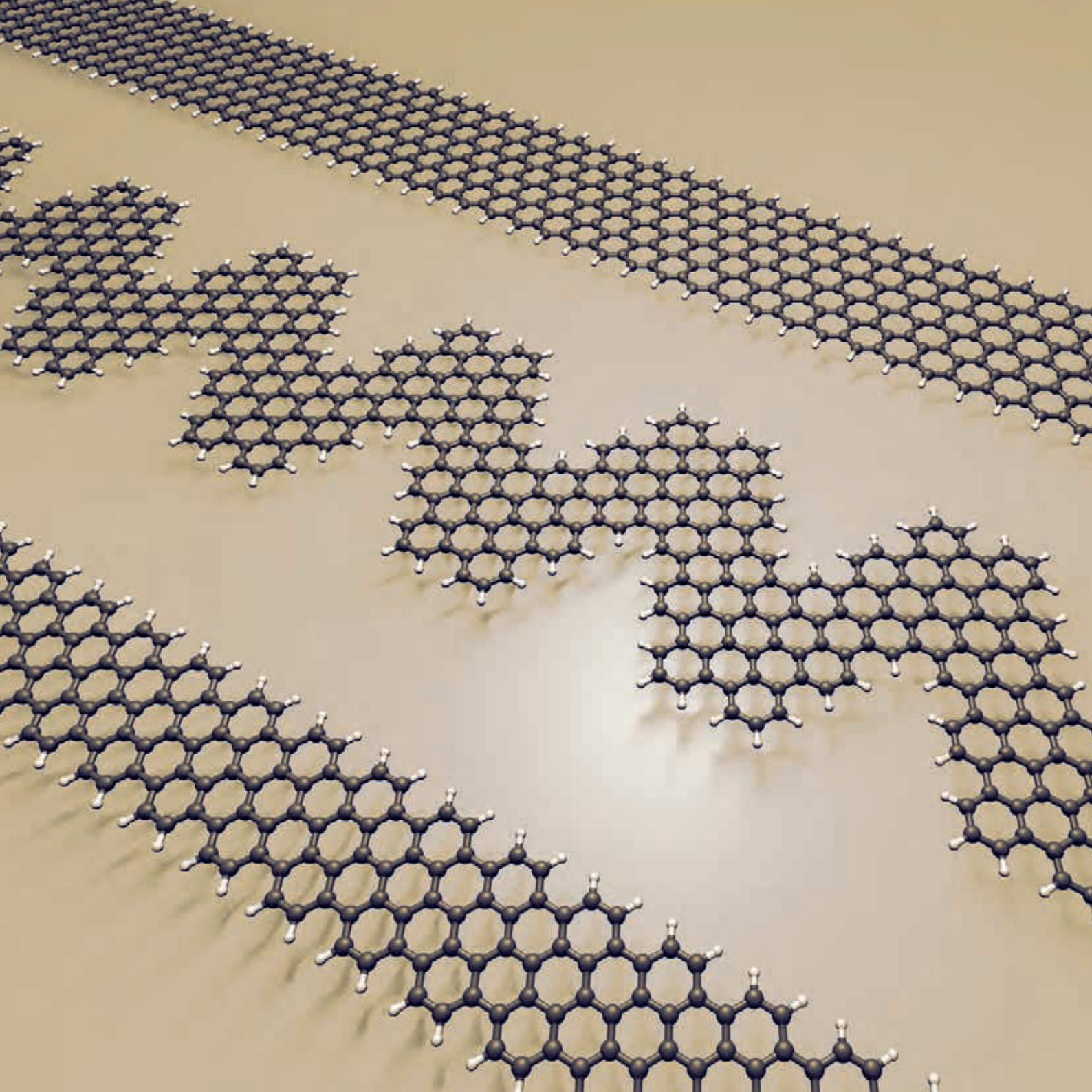


Randbedingungen; der Computer berechnet daraus die ideale Lösung – eine monolithische, dreidimensionale Struktur mit anisotropen Materialeigenschaften, die dann mittels 3-D-Druck hergestellt werden kann.

«Material-Lego» am Computer

Die Vollendung dieser Vision könnte man als «Digital Manufacturing» bezeichnen, eine computerbasierte Verfahrenstechnik, bei der Materialentwicklung und Fertigung des Werkstücks praktisch im selben Arbeitsgang ablaufen. Man spezifiziert dabei lediglich die Funktion der Komponente mit den einzuhaltenden

Graphen-Nanostrukturen mit unterschiedlichen «Rändern»: Die thermischen und elektronischen Eigenschaften dieser Strukturen unterscheiden sich dadurch wesentlich voneinander.





Im Forschungsschwerpunkt «Nanostrukturierte Materialien» erforscht, entwickelt und synthetisiert die Empa unter anderem Nanobausteine für energietechnische Anwendungen wie Solarzellen, Batterien oder für die Elektronik von (über)morgen. Im Bereich der Lithium-Ionen-Batterien arbeitet die Empa intensiv an der Entwicklung neuer Anodenmaterialien (siehe auch Seite 56). Heutige Lithium-Ionen-Batterien verwenden Graphitanoden, ein Material, das bezüglich Speicherkapazität für Lithium keineswegs ideal ist. Mindestens zehnmal besser wären (zumindest theoretisch) Zinn oder Silizium. Da sich diese Materialien jedoch während des Ladevorgangs massiv ausdehnen, führen die damit verbundenen mechanischen Spannungen zu einer Versprödung resp. Pulverisierung der Anode und so zu deren «Vergiftung». Nach wenigen Lade- und Entladezyklen sinkt dadurch die Kapazität der Batterie drastisch. Dies könnte man vermeiden, indem man die Materialien als oberflächenstabilisierte Nanopartikel einsetzt. Einer Forschungsgruppe an der Empa ist es gelungen, Zinn-Nanokristalle in der Grösse von 10 bis 30 Nanometer nahezu monodispers herzustellen. Erste aus diesen Kristallen aufgebaute Anoden zeigen bereits eine sehr gute Zyklenstabilität – und dies bei einer hervorragenden Kapazität von 1000 mAh/g, was gut dem Dreifachen heutiger Graphitanoden entspricht.

Mikrowellenplasmaanlage zur Herstellung nicht-oxydischer Nanopartikel.

Nicht-oxydische Nanopartikel aus der Mikrowellenplasmaanlage

Näher an der Markteinführung ist man allerdings mit Silizium. Im Rahmen des von der EU geförderten Projekts «SIMBA» entwickeln Empa-Forschende gemeinsam mit dem Industriepartner UMICORE eine Pilotanlage zur Herstellung von Silizium-Nanopartikeln. Dabei handelt es sich um das Upscaling einer an der Empa entwickelten Mikrowellenplasmaanlage. Neu können rund 900 Gramm Silizium-Nanopartikel in der Stunde produziert werden, also 100-mal mehr als mit dem Vorgänger. Die Resultate der ersten daraus gefertigten Siliziumanoden sind äusserst vielversprechend: Die Kapazität ist mit 1200 mAh/g bereits sehr hoch, über mehr als 300 Lade- und Entladezyklen wurden keine nennenswerten Verluste beobachtet.

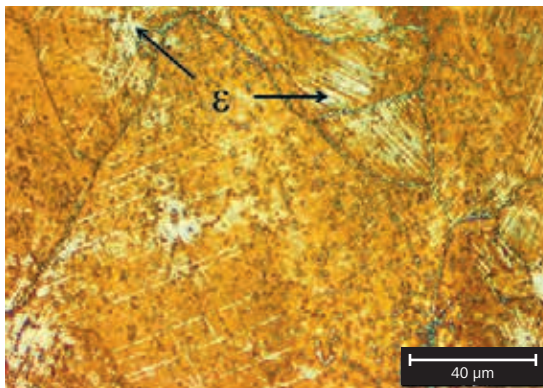
Fortschritte bei der Synthese von Graphen-Nanostrukturen

Graphen, also eine einzige atomare Lage Kohlenstoff, ist der Hoffnungsträger für unzählige Anwendungen, sei es zur Verstärkung von Kunststoffen oder in der Mikro- und Nanoelektronik. Gemeinsam mit Kollegen des Max-Planck-Instituts in Mainz haben Empa-Forschende ein einzigartiges Verfahren zur Synthese von Graphen-Nanostrukturen entwickelt. Bei diesem Bottom-up-Verfahren werden geeignete Vorläufermoleküle auf eine Substratoberfläche aufgedampft. Dort verbinden sie sich über mole-

kulare Selbstorganisation zu der gewünschten Nanostruktur. Faszinierend daran ist, dass über das Vorläufermolekül die Geometrie der Graphen-Nanostruktur eindeutig festgelegt ist – und damit auch deren physikalische Eigenschaften wie thermische Leitfähigkeit, elektronische Bandlücke oder die örtliche Verteilung der Elektronen nach deren Spinzustand. Drei Jahre nach der Erstveröffentlichung des Verfahrens im Fachblatt «Nature» hat die Empa nun mit dem BASF-Konzern eine langfristige Zusammenarbeit vereinbart, um einen robusten industriellen Prozess für das Syntheseverfahren zu entwickeln.

Material- und Ingenieurwissenschaften für innovative Lösungen

Die Qualität des Bauwerks Schweiz ist ein wesentliches Element für unseren hohen Lebensstandard. Sichere und leistungsfähige Versorgungs- und Verkehrsinfrastrukturen sowie attraktive und komfortable Wohn- und Arbeitsräume sind für uns eine Selbstverständlichkeit. Um dieses Niveau auch in der Zukunft halten zu können, müssen verschiedene Herausforderungen gemeistert werden. Viele Infrastrukturbauten erreichen ein kritisches Alter, und eine zunehmende Bevölkerung sowie ein ebenfalls zunehmendes Mobilitätsbedürfnis bedingen grosse Anstrengungen in den Bereichen Erhaltung und Erweiterung. Die Energiewende ist ohne eine umfassende Erneuerung bzw. den Ersatz bestehender Gebäude und Infrastrukturbauten undenkbar. Die Empa nimmt sich dieser Fragen in umfassender Weise an, indem sie Material- und Ingenieurwissenschaften kombiniert und daraus neue und innovative Lösungen entwickelt.



Formgedächtnislegierungen: Es geht auch günstig

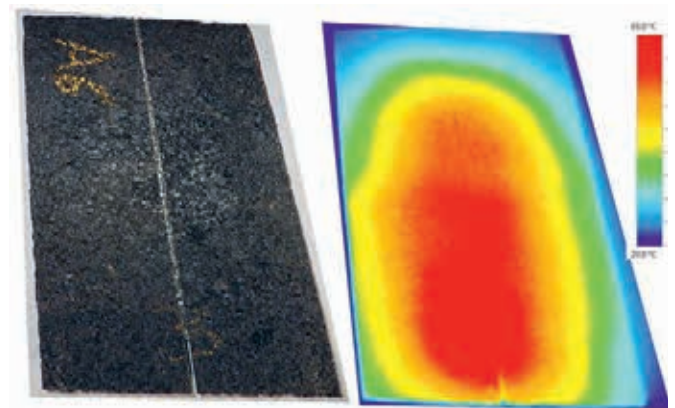
Letztes Jahr gelang Empa-Forschern ein Durchbruch beim Einsatz von Formgedächtnislegierungen als Vorspannelemente im Baubereich (siehe auch Seite 47). Das Potenzial dieser Materialien hatte die Empa bereits in früheren Forschungsarbeiten nachgewiesen – allerdings mit Legierungen, die für den Baubereich viel zu teuer sind. Dank einer engen Kooperation zwischen Material- und Ingenieurwissenschaftlern gelang es nun, eine kostengünstigere Legierung auf Eisenbasis zu entwickeln und in grösseren Mengen zu produzieren. Im praktischen Einsatz werden die daraus hergestellten Vorspannelemente in Beton eingelegt und nach dem Betonieren über eine

Metallografisches Schliffbild einer Eisenlegierung: Die ϵ -Phase des Martensits ist für den Formgedächtniseffekt verantwortlich.

Stromquelle so stark aufgeheizt, dass es zu einer Phasenumwandlung im Material kommt, wodurch sich eine mechanische Spannung aufbaut. Zusammen mit der neu gegründeten Firma re-fer AG wird die Technologie nun weiter optimiert und zur Marktreife gebracht.

Asphalt mit Selbstheilungskräften

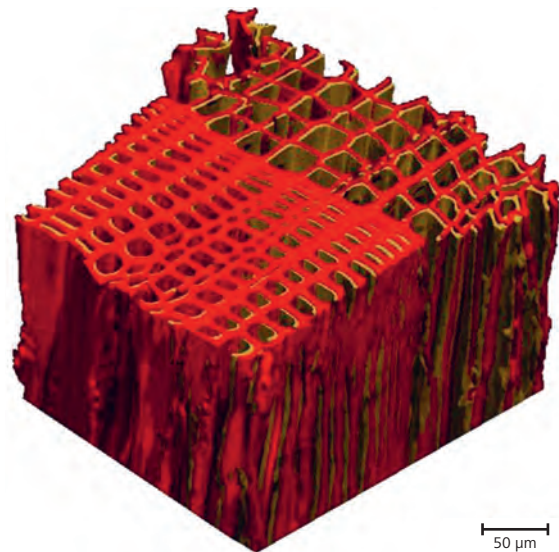
Nebst der Spurrinnenbildung sind Risse in Strassenbelägen ein Hauptgrund für deren Ersatz. Temperatur- und Lastwechsel in Kombination mit Wassereinwirkung sind die Hauptursachen für die Rissbildung. Vor allem in einem frühen Stadium lassen sich feine Risse im Bindemittel Bitumen schliessen, wenn der Belag auf rund 80 °C oder mehr aufgeheizt werden kann. Dies erreicht man, indem man Bitumen elektrisch leitende Materialien wie Stahlfasern oder Kügelchen zugibt und diese dann mit Hilfe einer elektromagnetischen Induktionsschleife über dem Belag kurz erhitzt. In Laborversuchen konnten Empa-Forscher bereits zeigen, dass sich der Effekt schon mit relativ wenig Zusatzmaterial erzielen lässt. Allerdings heizt sich der Belag momentan noch zu langsam auf, als dass man bereits an ein Upscaling denken könnte. Fernziel wäre eine regelmässige «Reparatur» des Belags mittels mobiler Induktionsheizung, sodass es gar nicht erst zu einer signifikanten Rissbildung im Belag kommt; dies würde die Lebensdauer der Schweizer Strassenbeläge deutlich erhöhen.



Asphaltprüfkörper mit deutlich sichtbarem künstlichem Riss entlang einer vorgegebenen Riss-Nut vor der Behandlung mit der neuen Methode (links) und danach (rechts): Die Thermographie zeigt die «heilende» Wirkung der Induktionserwärmung.

Verstehen, warum Holz schwindet und quillt

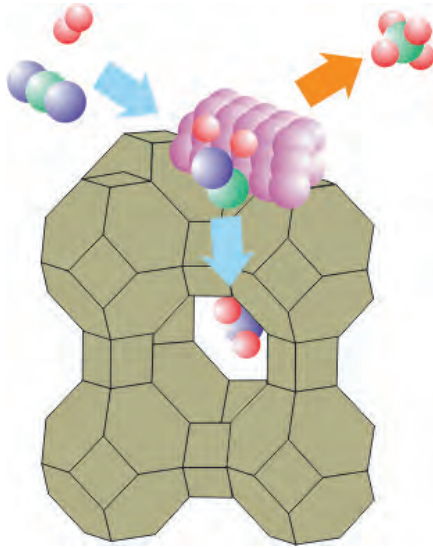
Im Rahmen eines vom Schweizer Nationalfonds (SNF) geförderten und 2013 abgeschlossenen «Sinergia»-Projekts, an dem neben der Empa auch die ETH Zürich beteiligt war, gelang es den Forscherinnen und Forscher, das Schwind- und Quellverhalten von Holz unter Feuchtigkeitseinfluss besser zu verstehen. Dies dank einer geschickten Kombination von Computermodellierung und experimenteller Arbeiten. Dabei wurden nicht nur drei Dissertationen erfolgreich abgeschlossen; als Resultat liegen nun erstmals auch Modelle für das hygromechanische Verhalten über mehrere Grössenskalen sowie ein poromechanisches Modell für das anisotrope Schwindverhalten von Holz auf zellulärer Ebene vor. Ausserdem entwickelte das Team reproduzierbare experimentelle Methoden für die 3-D-Mikroskopie inklusive Bildverarbeitungsalgorithmen; die dürften künftig dazu beitragen, das Verständnis des einzigen erneuerbaren Baustoffs weiter zu vertiefen.



Überlagert man zwei Phasenkontrast-Röntgentomografiebilder, zeigt sich das Schwind- und Quellverhalten einer Fichtenholzprobe deutlich. (rot: 25 Prozent rel. Luftfeuchtigkeit, beige: 80 Prozent relative Luftfeuchtigkeit)

Schadstoffemissionen reduzieren – oder ganz vermeiden

Die steigenden Bedürfnisse einer wachsenden Weltbevölkerung punkto Konsum, Mobilität, Nahrung, Wohnen usw. erfordern einen verantwortungsvollen Umgang mit unseren (endlichen) Ressourcen. Ein Umdenken hin zu geschlossenen Stoffkreisläufen und das Vermeiden beziehungsweise Reduzieren umweltschädlicher Emissionen spielen dabei eine wichtige Rolle. Eines der zentralen Ziele der Empa ist es, dies mit innovativen Prozessen und neuen Materialien zu erreichen.



Ein effizienterer Kat – dank Keramikschaum und Computersimulationen

Moderne Motoren und Antriebstechnologien werden immer effizienter, was den Treibstoffverbrauch angeht, stossen also immer weniger Schadstoffe aus; durch eine wirksame Abgasnachbehandlung lassen sich die Emissionen noch weiter senken. Die Empa entwickelt neue Katalysatormaterialien und untersucht den Stoff- und Wärmetransport beim Durchströmen des Kats, zum Beispiel anhand eines eigens entwickelten neuartigen Katalysatorträgers aus Keramikschaum. Strömungssimulationen am Computer erlauben es den Forschern, die Strömungsbedingungen im Kat detailliert zu analysieren und die Struktur des Katalysatorträgers weiter zu optimieren. Ziel ist es, die Menge katalytisch aktiver Edelmetalle wie Platin und

Palladium im Kat deutlich zu senken, ohne dabei dessen Effizienz – also die Zersetzung schädlicher Abgase – zu beeinträchtigen.

Zeolithe binden das bei der Methanisierung von Wasserstoff entstehende Wasser und erhöhen dadurch die Methanausbeute dieses neuen Prozesses deutlich.

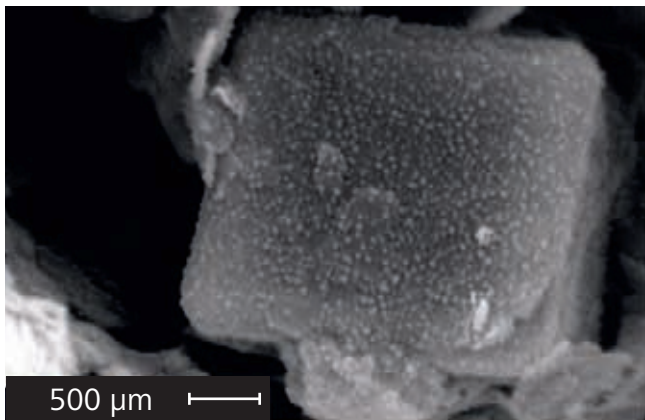
«Power-to-Gas»: Überschussstrom chemisch speichern

«Power-to-Gas» ist ein Schlüsselbegriff, wenn es darum geht, erneuerbare Energien zu speichern. Kurzfristig überschüssiger Strom aus Solaranlagen wird beispielsweise durch Wasserspaltung in Wasserstoff umgewandelt und zusammen mit dem Treibhausgas Kohlendioxid (CO₂) für die Synthese von Methan genutzt. Empa-Forschern ist es gelungen, diesen Prozess weiter zu optimieren: Ein neuer nanoskaliger Nickel-Katalysator auf einer Zeolithoberfläche bringt erhebliche Vorteile. Auf der Katalysatorober-

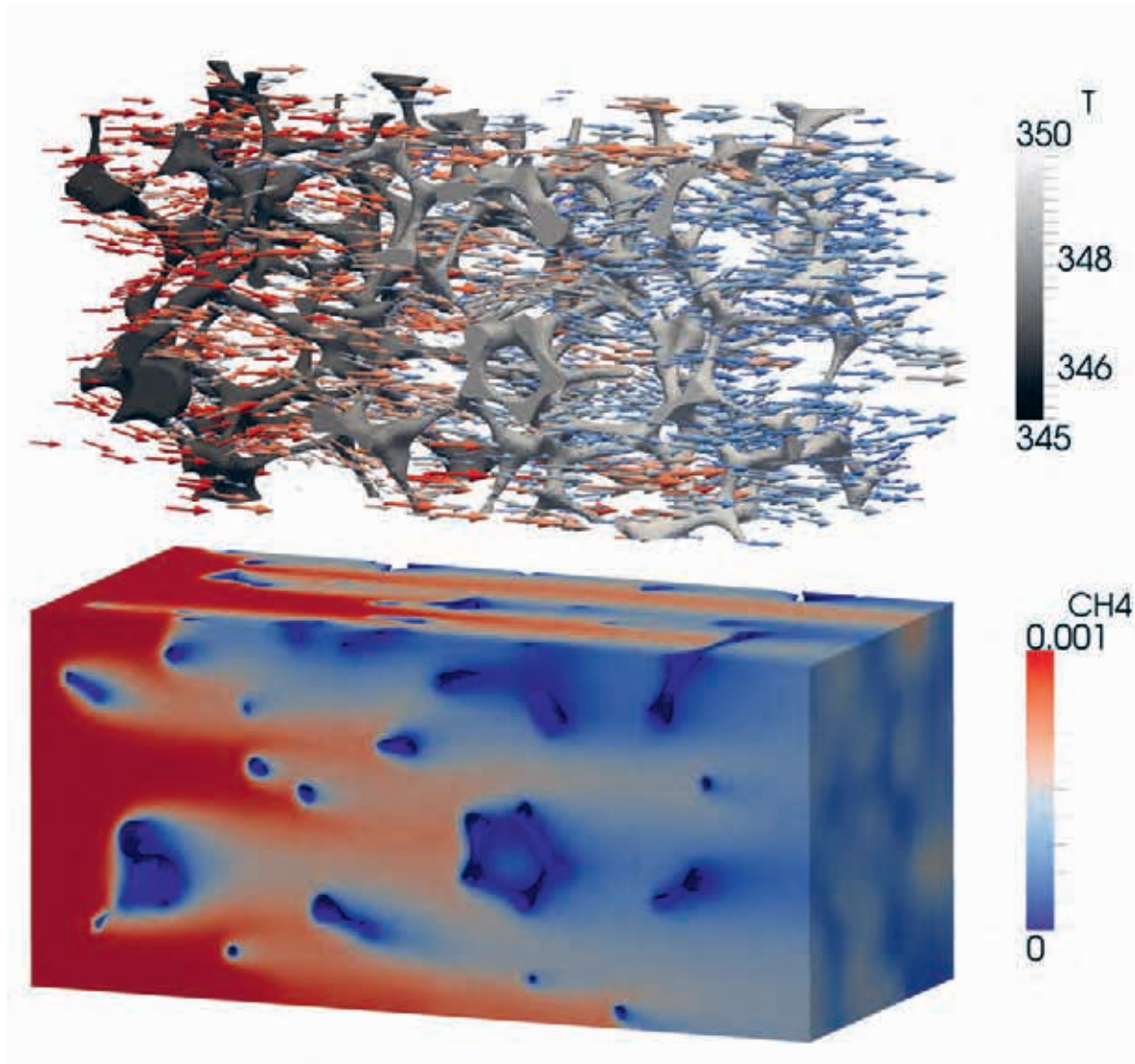
fläche reagieren die Gasmoleküle leichter miteinander, was den Energieaufwand für den Start der Reaktion verringert. Zudem unterstützt der poröse Zeolith, ein kristallines Alumosilikat mit der Fähigkeit, Wassermoleküle aufzunehmen und nach Erwärmung wieder abzugeben, die Reaktionskinetik und erhöht damit die Methanausbeute deutlich (siehe auch Seite 27).

Elektroschrott als sekundäre Rohstoffquelle

Die steigende Nachfrage nach elektronischen Gütern lässt den Verbrauch an seltenen Metallen ebenfalls massiv ansteigen. Metallische Rohstoffe verlagern sich dabei laufend von der Geosphäre in die Biosphäre. Gleichzeitig sinken die Metallgehalte in den verfügbaren Erzen; die Gewinnung dieser Metalle führt zu einer hohen Umweltbelastung. Besonders zugespitzt hat sich die Situation bei den technischen Metallen, die in zahlreichen Informations-, Kommunikations- und Energietechnologien zum Einsatz kommen. Viele dieser Metalle, vor allem die Metalle der seltenen Erden, werden bis heute kaum zurückgewonnen bzw. recycelt. Untersuchungen der Empa zeigen, dass mit geeigneten technischen und organisatorischen Massnahmen im bestehenden Recyclingsystem die Rückgewinnung solcher Metalle aus Elektroschrott ein enormes Potenzial aufweist. Elektroschrott wird zu einer sekundären Rohstoffquelle für seltene Metalle – mit entsprechend positiven Auswirkungen auf die Umwelt.



Nanokristalliner Nickel-Katalysator auf einem Zeolithträger im Rasterelektronenmikroskop.



Numerische Untersuchung der Verbrennung von Methan in einem porösen Katalysator aus Keramikschaum: Je mehr Methan verbrannt ist, desto heisser wird die Kat-Oberfläche. Die Simulation zeigt die Abnahme der Methankonzentration aufgrund der Oxidation des Methans (rot: hoher Methananteil; blau: tiefer Methananteil, Strömungsrichtung von links nach rechts).

Fokus auf Energieeffizienz und Erneuerbaren

Eine nachhaltige Energieversorgung zeichnet sich dadurch aus, dass Erstellung, Betrieb und Unterhalt der dazu nötigen Infrastruktur bezahlbar sind, die Umwelt minimal belastet wird und die Versorgung sicher und zuverlässig funktioniert. Wie diese (sich teilweise widersprechenden) Ziele zu gewichten sind, wird in Politik und Gesellschaft intensiv diskutiert. Aufgrund des sich abzeichnenden Klimawandels und der Neueinschätzung der Risiken der Nukleartechnologie stützt sich die neue Schweizer Energiestrategie vor allem auf Energieeffizienz und erneuerbare Energien. Die Empa entwickelt neue Materialien, Konzepte und Technologien für den Energiebereich und trägt so diesem gesellschaftlichen Auftrag Rechnung.



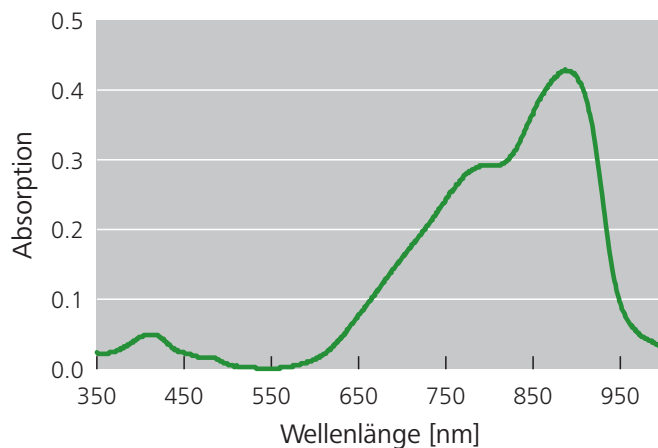
Transparente Solarzellen aus organischen Halbleitern

Konventionelle Solarzellen aus Silizium sind heute Standard. Diese werden in Hochtemperaturprozessen hergestellt und miteinander zu Photovoltaikmodulen verschaltet. Dünnschichttechnologien der nächsten Generation bestehen durch Beschichtungs- und Druckprozesse im kostengünstigen Rolle-zu-Rolle-Verfahren. Für diese Prozesse mit hoher Durchlaufleistung

eignen sich organische Halbleiter besonders gut. Es handelt sich dabei um synthetische, leitfähige Materialien, die Licht hervorragend absorbieren und deswegen als ultradünne

Empa-Forscher Frank Nüesch träufelt eine Lösung Cyaninfarbstoff auf ein Spezialgewebe. Aus diesen Komponenten sollen künftig preisgünstige Solarzellen entstehen.

Schichten von nur rund 100 Nanometern Dicke eingesetzt werden können. Materialien wie Cyaninfarbstoffe haben ein so schmales Absorptionsband, dass sie nur bestimmte Bereiche des Sonnenspektrums in Strom umwandeln. So lassen sich Cyaninfarbstoffe herstellen, die nur im nahen Infrarotbereich Licht absorbieren, für das sichtbare Licht dagegen nahezu transparent sind. Die Empa stellt solche Laborzellen her und erforscht diese. In Zukunft könnten damit Solarfenster, Fassadenelemente oder transparente photovoltaische Folien hergestellt werden.



Absorption einer 40 Nanometer (nm) dünnen Schicht aus einem Cyaninfarbstoff: Das Absorptionsspektrum zeigt die starke Absorption im nahen Infrarotbereich (zwischen 700 und 950 nm) und die schwache Absorption im sichtbaren Bereich (unter 700 nm).

Windenergie in grossen Höhen «ernten»

Der Empa-Spin-off TwingTec verfolgt im Bereich Windenergie einen neuartigen Ansatz (siehe auch Seite 21): Ein Hochleistungsdrachen, basierend auf der Tensairity-Technologie, überträgt die Windenergie mittels Zuggleine zum Boden, wo sie von einem Windsystem in elektrische Energie umgewandelt wird. Zusammen mit der Fachhochschule Nordwestschweiz, der ETH Zürich und Alstom demonstrierte das Jungunternehmen 2013 die Machbarkeit der Technologie; nun sollen Anlagen mit einer Leistung von 50 Kilowatt folgen. Solche Windkraftwerke sind kostengünstig zu installieren, da praktisch keine baulichen Massnahmen oder schweren Bauteile benötigt werden. Der Einsatz kann sowohl netzgebunden als auch netzunabhängig, «off-grid», in Gegenden ohne Stromnetz erfolgen. 2014 soll ein autonom betriebener Demonstrator fertiggestellt sein; auf Ende 2015 ist eine erste Pilotinstallation geplant.



Kontakt

Dr. Peter Richner
peter.richner@empa.ch

Zehn Prozent mehr Effizienz bei Kohle- und Gaskraftwerken

Rund 70 Prozent der globalen Elektrizitätsproduktion erfolgt heute in Kohle- und Gaskraftwerken. Falls es gelingt, in diesen Anlagen die Dampftemperatur auf 700 °C und den Druck auf 35 bar zu erhöhen, würde sich die Effizienz der Anlagen um zehn Prozent erhöhen. Zum Vergleich: Das ist mehr als die gesamte Stromproduktion aus Wind, Sonne und Biomasse im Jahr 2012. Um dieses Potenzial erschliessen zu können, entwickeln Empa-Forscher neue Methoden, um die Tauglichkeit neuer Legierungen für diese Betriebsbedingungen nachzuweisen. Dazu kombinieren sie thermomechanische Ermüdungsversuche mit metallografischen Untersuchungen. Namhafte Industriepartner nutzen die Kompetenzen der Empa in gemeinsamen Projekten, die hoffentlich schon bald effizientere Kraftwerke ermöglichen.

Thermomechanischer Belastungstest einer neuen Legierung für Dampfturbinen.

Wohlbefinden: ein (nicht) alltägliches Gut

Man erlebt es praktisch tagtäglich: Bei sportlicher Aktivität schwitzt man und fühlt sich in so manchem Outfit nicht recht wohl, die Socken drücken, man bekommt Blasen an den Füßen. Oder man verletzt sich durch einen Sportunfall. Ausserdem steigt der Blutdruck unkontrolliert, bedingt nicht zuletzt durch unseren Lebenswandel. Szenarien, wie sie praktisch jede und jeder schon durchlebt hat. Mit ihren Forschungsaktivitäten im Bereich Gesundheit und Schutz des menschlichen Körpers hilft die Empa, solche Situationen zu vermeiden, abzumildern oder zumindest besser zu kontrollieren.



Schweissnass und heiss – das muss nicht sein

Materialforschung im Dienste des Sports: Dabei geht es nicht nur um Materialschlachten in der Formel 1 oder im Ski-Weltcup. Diese Forschung hilft allen, die sich fit halten wollen, beispielsweise mit leichterem, komfortablerem und sicherer Sportbekleidung. Sie ermöglicht es, sich auch bei intensiver körperlicher Betätigung wohl zu fühlen, weil die neuartigen Textilien den Schweiß rasch vom Körper

wegtransportieren und gleichzeitig helfen, eine Überhitzung zu vermeiden. Diese funktionalisierten Textilien und Bekleidungssysteme werden aber auch Bereichen ausserhalb des Sports zugänglich gemacht; beispielsweise hat die Empa für Polizisten, die in schweren Schutzwesten Dienst tun müssen, selbstkühlende Modelle entwickelt, ebenso funktionelle Hitzeschutzanzüge für Feuerwehrleute.

Entwicklung von Sportbekleidung mit Hilfe eines Bodyscanners:
Die Farbdarstellung macht sichtbar, wie eng das Sportheim am Körper sitzt.

Ein Blutdruckmesser am Handgelenk

Eine der Folgen unseres heutigen Lebensstils ist Bluthochdruck, der weltweit zu den häufigsten Todesursachen gehört. Trotzdem misst gemäss Weltgesundheitsorganisation WHO nicht einmal jeder Zweite regelmässig den eigenen Blutdruck, denn solche Messungen sind aufwändig, besonders über einen längeren Zeitraum. Bisher sind kontinuierliche Blutdruckmessungen nicht möglich. Dank eines neuartigen Sensors fürs Handgelenk könnte sich dies bald ändern. Zusammen mit einem Industriepartner entwickelten Empa-Forscher ein Blutdruckmessgerät in der Grösse einer Armbanduhr, das den Blutdruck dauerhaft misst und aufzeichnet. Störimpulse am Handgelenk, die derartige Messungen bisher verunmöglichten, lassen sich dank Empa-Technologie nun erfassen und korrigieren. Mehrere Sensoren messen in Handgelenksnähe gleichzeitig Anpressdruck, Pulsfrequenz und Blutdurchfluss und ermöglichen so eine zuverlässige Berechnung des Blutdrucks (siehe auch Seite 19).

Umweltschutz und Sicherheit: Schliesst sich das aus?

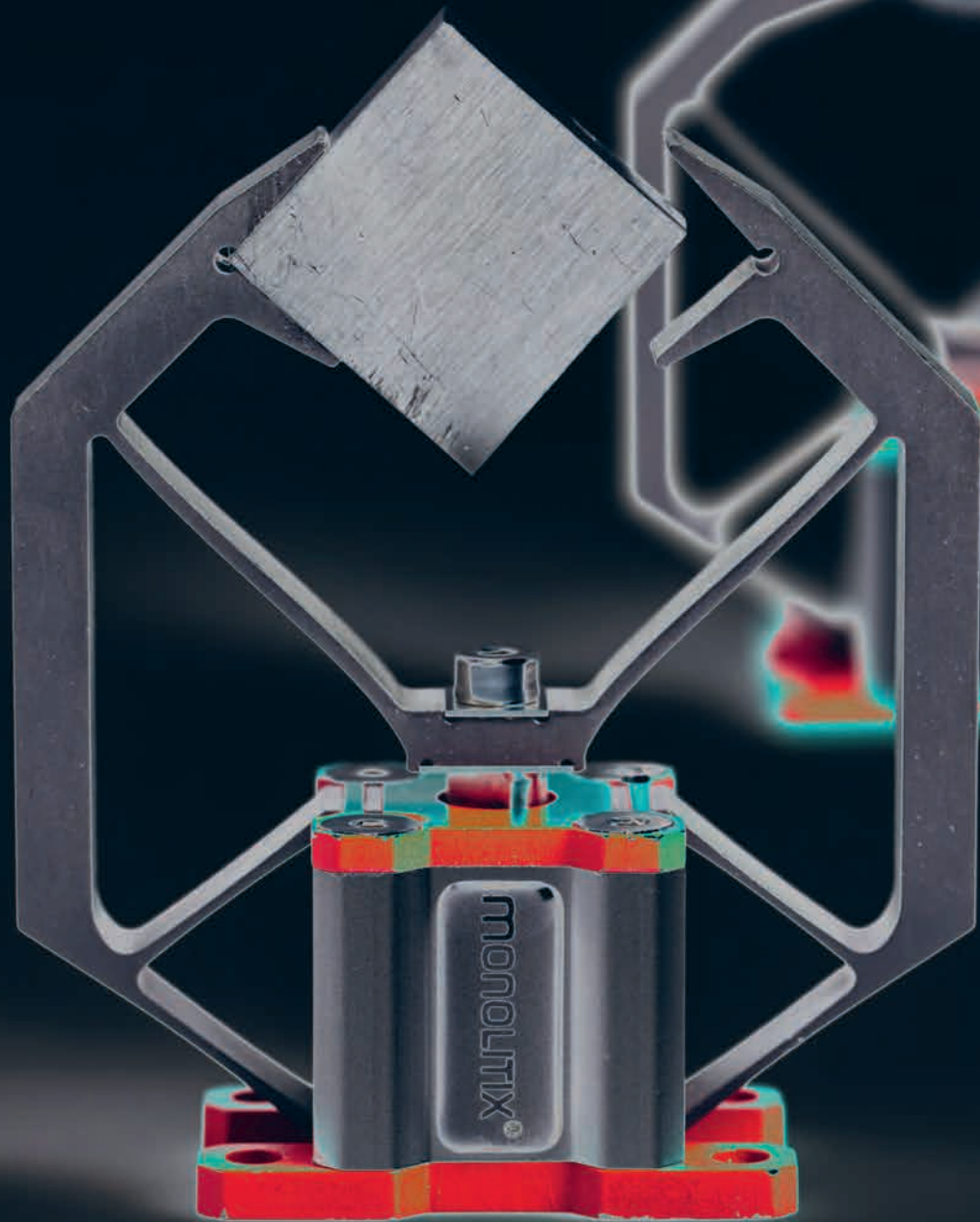
Brandsicherheit in Gebäuden oder auch in Autos, Flugzeugen oder Zügen lässt sich bisher nur durch hohen Aufwand oder den Einsatz ökologisch und gesundheitlich bedenklicher Chemikalien erreichen. Im Jahr 2013 wurde eines der meistverbreiteten, aber kritischen Flammschutzmittel, Hexabromcyclododecan (HBCD), von der UN-Chemikalienkonferenz in Genf verboten, dies unter anderem durch das Zutun der Umweltforschung an der Empa. Das Verbot eines der wichtigsten Stoffe im Flammschutz bedeutet auch, dass es umweltschonende und gesundheitlich unbedenkliche Alternativen geben muss. Empa-Forschende haben neue Substanzen synthetisiert, die ausgezeichnete flammhemmende Wirkung haben, dabei aber in der chemischen Struktur völlig auf Halogene verzichten. Diese Phosphoramidate finden bereits ersten Einsatz in Polyurethanschäumen, wo sie zum Beispiel in Gebäuden auf vielfältige Weise, etwa als Wärmedämmstoff oder als Schaumstoff in Möbeln oder Matratzen, verwendet werden können.

Brennbarkeitstests zeigen,
dass organische phosphor-
haltige Verbindungen
sogar besser schützen
als die bisher verwendeten
Substanzen.



Von der Forschung zur Innovation – die Empa als Partnerin

Anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung mit grösstmöglicher Nähe zu Industrie und Wirtschaft ist das Markenzeichen der Empa. Durch effiziente und individuelle Formen der Zusammenarbeit sowie ein breites Spektrum an Dienstleistungen ist die Empa in der Lage, ihren Partnern auf deren Bedürfnisse massgeschneiderte Lösungen anzubieten. Sei es, um Technologien zu optimieren, konkrete Probleme zu lösen oder aber technisches Fachpersonal auf den neuesten Stand des Wissens zu bringen, die Empa ist mit ihren über 500 hochqualifizierten Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen sowie erstklassiger technischer Infrastruktur die richtige Adresse. Empa – The Place where Innovation Starts!





Zusammenarbeit + Wissenstransfer = Innovation

Dass die Schweiz auf den internationalen Innovationsranglisten auf den obersten Rängen zu finden ist, ist unter anderem auf die enge Zusammenarbeit und den guten Wissenstransfer zwischen der Wirtschaft und den schweizerischen Forschungsinstitutionen zurückzuführen.



Das Technologietransfer-Office der Empa (TT-Office) bildet ein wichtiges Bindeglied zwischen den Forschungsabteilungen der Empa und den Unternehmen. Es beantwortet rechtliche Fragen rund um die Zusammenarbeit mit Unternehmen, Hochschulen und der öffentlichen Hand, erarbeitet und verhandelt gemeinsam mit den Empa-Forschenden die nötigen Verträge und kümmert sich um den Schutz und die Verwertung des geistigen Eigentums.

Die Zahl der neuen Forschungsk Kooperationen mit privaten und öffentlichen Organisationen war im vergangenen Jahr mit mehr als 110 neuen Forschungsverträgen erneut sehr hoch. Zum Schutz des geistigen Eigentums wurden 14 neue Patente angemeldet. Ausserdem wurden 19 neue Lizenzen- und Technologietransferverträge mit Wirtschaftspartnern abgeschlossen.

Wie man CO₂ aus der Luft «filtern» kann – dank Zellulose

Das Treibhausgas CO₂ aus der Atmosphäre – also aus der Umgebungsluft – abzuscheiden (und so dem Klimawandel entgegenzuwirken), bleibt eine der wichtigsten Herausforderungen des

Die mobile CO₂-Adsorber-Pilotanlage von Climeworks kann rund eine Tonne reines CO₂ pro Jahr gewinnen.



Mit dem neuen Spulengerät (kleines Bild) wurden auch die 36 Schrägseile der neuen Schrägseilbrücke über die Elbe bei Schönebeck untersucht (Bild: DMT-Prüflaboratorium für Zerstörungsfreie und Zerstörende Prüfung – Seilprüfstelle, Bochum).

21. Jahrhunderts. Eine neu entwickelte CO₂-Adsorber-Technologie des ETH-Spin-offs Climeworks AG (www.climeworks.com) basiert auf einem zyklischen Adsorptions-/Desorptionsprozess mit einem neuen Filtermaterial auf Zellulosebasis, das zusammen mit der Empa entwickelt wurde. Das Material kann CO₂ aus feuchter Luft adsorbieren, speichern und anschliessend durch Erhitzung auf ca. 90 °C wieder als hochreines Gas desorbieren, zum Beispiel für dessen technische Nutzung zur Herstellung synthetischer Treibstoffe. Der Adsorber kann für eine Vielzahl von Adsorptions-/Desorptionszyklen genutzt werden. Inzwischen betreibt Climeworks eine mobile CO₂-Adsorber-Pilotanlage, die in der Lage ist, eine Tonne reines CO₂ pro Jahr zu gewinnen.

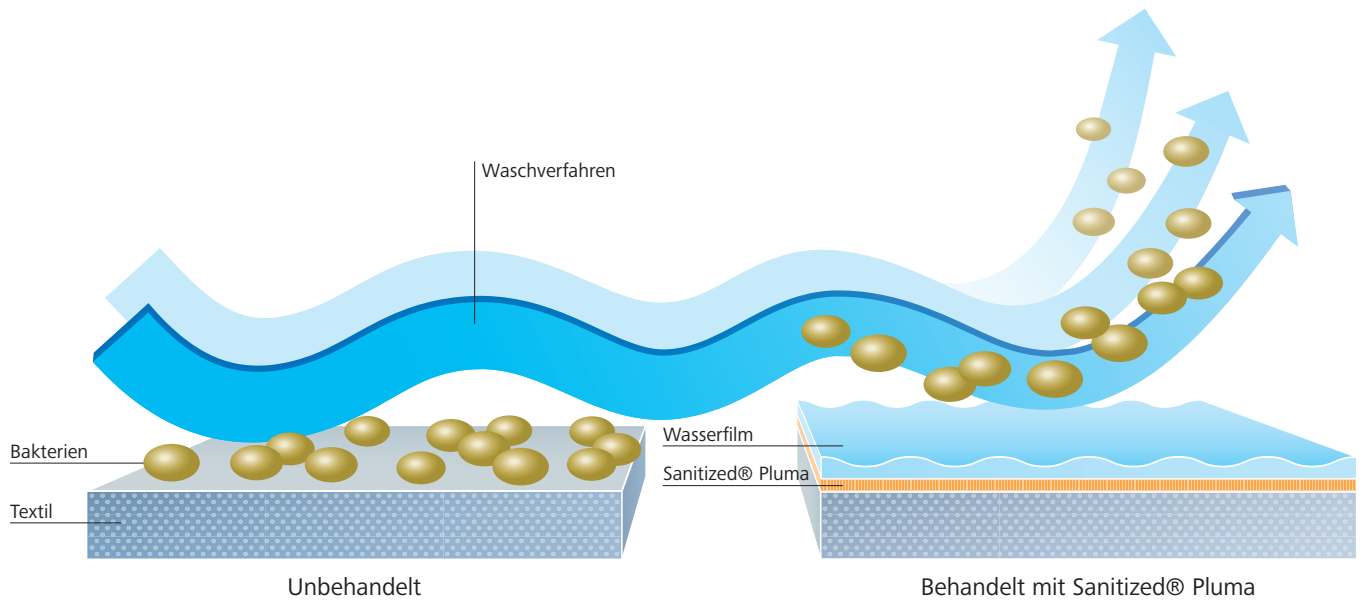
Zerstörungsfreie Analyse von Stahlseilen mit grossen Querschnitten

Der Zustand eines Drahtseils lässt sich nicht auf den ersten Blick erkennen. Erst eine professionelle Analyse schafft Klarheit, ob ein Seil weiterhin unbedenklich eingesetzt werden kann. Bisherige Seilprüfgeräte konnten Seile mit einem maximalen Durchmesser von 160 Millimetern untersuchen. Aufgrund eines Marktbedürfnisses bündelten das deutsche Seilprüfunternehmen DMT GmbH und die Empa ihr Know-how im Bereich Zerstörungsfreie Seilprüfung und entwickelten gemeinsam ein Spulengerät für metallische Seile mit Querschnitten von bis zu 200 Millimetern. Als

Grundlage diente eine an der Empa entwickelte Technologie, die Schäden durch ein elektromagnetisches Verfahren mit einer Stromspule und einer batteriegespeisten Stromquelle aufdeckt.

Bekleidung, die keinen Geruch annimmt

Um die Sicherheit von Patienten vor bakteriellen Infektionen zu erhöhen, kommt in der Medizintechnik häufig eine Bakterien abstossende Oberflächenbeschichtung zum Einsatz. Da auch Körpergerüche durch Bakterien verursacht werden, sollte eine derartige Behandlung von Textilien die unerwünschte Geruchsbildung verhindern. Das war das Ziel eines von der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) unterstützten Projekts der Firma SANITIZED AG zusammen mit der Empa und der Swisstatest Testmaterialien AG (ehemals Empa Testmaterialien AG). Das Ergebnis liegt nun vor: die Sanitized® Pluma Technologie. Die Textilfasern werden dazu mit einem speziellen Polymer beschichtet, das einen mikroskopisch dünnen Wasserfilm auf der Faseroberfläche festhält. Das Andocken der Bakterien an die Textilfasern wird so gehemmt und bereits vorhandene Bakterien werden schon bei Hand- oder Niedertemperaturwäsche einfach weggespült. Dies spart Energie und Wasser und verlängert die Lebensdauer der Textilien. Die Innovation wurde 2013 mit dem Swiss Technology Award ausgezeichnet.



Die innovative Sanitized® Pluma Technologie wurde 2013 mit dem Swiss Technology Award ausgezeichnet (Illustration: ©SANITIZED AG).

«Brutkästen» für Innovationen

Technologietransfer durch die Förderung von Jungunternehmen ist das Ziel der Business-Inkubatoren der Empa, glaTec, tebo und STARTFELD. Dass sie dabei äusserst erfolgreich sind, zeigen diverse Auszeichnungen. So wählten 2013 etwa 100 Expertinnen und Experten die glaTec-Jungfirma QualySense, die einen Roboter zur Qualitätsprüfung von Getreide

entwickelt hat, auf den 10. Platz der 100 besten Start-ups der Schweiz. Eine weitere glaTec-Firma, compliant concept (innovative Pflegebett-systeme), belegte Platz 34. Und der auf nachgiebige Systeme spezialisierte Empa-Spin-off Monolitix wurde für den renommierten De Vigier Preis 2013 nominiert und schaffte es ins Finale des Heuberger Jungunternehmerpreises 2013 sowie unter die letzten 3 Kandidaten für den ZKB-Pionierpreis 2014.



Fünf Jahre glaTec

Insgesamt waren 2013 zwölf Jungfirmen im glaTec auf dem Empa-Campus in Dübendorf eingemietet, die sich den unterschiedlichsten Herausforderungen stellen mussten: Während bei den einen Räumlichkeiten und Kontakt zu anderen Forschenden im Vordergrund stehen, brauchen andere Hilfe bei Marktabklärungen oder Coaching für Gespräche mit potenziellen Investoren. Das glaTec begleitet die Jungunternehmer, bis sie «reif» sind, den Schritt in die Unabhängigkeit zu wagen. Und dies erfolgreich bereits seit fünf Jahren; das glaTec-Jubiläum Ende Oktober bot Kunden, Investoren und Gäs-

terungen stellen mussten: Während bei den einen Räumlichkeiten und Kontakt zu anderen Forschenden im Vordergrund stehen, brauchen andere Hilfe bei Marktabklärungen oder Coaching für Gespräche mit potenziellen Investoren. Das glaTec begleitet die Jungunternehmer, bis sie «reif» sind, den Schritt in die Unabhängigkeit zu wagen. Und dies erfolgreich bereits seit fünf Jahren; das glaTec-Jubiläum Ende Oktober bot Kunden, Investoren und Gäs-

Empa-Direktor Gian-Luca Bona (links) freut sich zusammen mit glaTec-Geschäftsführer Mario Jenni (Mitte) und dem Geschäftsführer von tebo/STARTFELD, Peter Frischknecht, über den Erfolg der beiden Business-Inkubatoren.



ten Gelegenheit, den Business-Inkubator und die Jungfirmen besser kennen zu lernen.

Doch nicht jeder kann sich im Empa-Technologiezentrum niederlassen; das Auswahlverfahren ist streng. Die vorselektionierten Projekte werden vom Beratungsausschuss evaluiert. Ein Dutzend Unternehmer, Start-up-Fachleute der KTI, Marketing-, Wirtschafts-, Rechts- und Finanzexperten prüfen die Anträge auf Herz und Nieren, klopfen die Gesuche hinsichtlich Innovationspotenzial, Marktrelevanz und Geschäftsmodell ab. Es wird auch darauf geachtet, ob die Jungunternehmenden das Potenzial haben, den Geschäftsplan umzusetzen. Erst dann entscheidet die Direktion der Empa über die Aufnahme in ihren «Brutkasten». Qualität geht vor Quantität; lieber weniger Jungfirmen, dafür mit grösserem Potenzial und Realisie-

rungschancen. Die Inkubation im glaTec und das Empa-Spin-off-Label sollen signalisieren: Hier ist Ausgezeichnetes zu erwarten.

Fruchtbare Zusammenarbeit zwischen tebo und STARTFELD

Mit dem gleichen Ziel arbeitet das tebo in St. Gallen im Rahmen von STARTFELD mit der Universität und der Fachhochschule St. Gallen zusammen. Die Stadt und der Kanton St. Gallen sowie beide Appenzeller Kantone leisten einen Teil der Finanzierung. Erfreulicherweise konnten mehrere der von STARTFELD geförderten Start-ups auch im Förderprozess von CTI-Startup platziert werden. So etwa Weibel CDS, die innovative und benutzerfreundliche Primärverpackungen und Geräte für die Medikamentenverabreichung herstellt, und Box-



Das glaTec-Jubiläum bot Kunden, Investoren und Gästen an einem «Marktplatz» Gelegenheit, den Business-Inkubator und die eingemieteten Jungfirmen besser kennen zu lernen.

Kontakt

glaTec
Mario Jenni
mario.jenni@empa.ch

tebo/STARTFELD
Peter Frischknecht
Peter.frischknecht@empa.ch

tango, die eine neue Umschlagtechnik für Container und Wechselbrücken im kombinierten Verkehr in Europa entwickelt. Box-tango schaffte es auch ins Finale des STARTFELD Diamant 2013, eines Preises der St. Galler Kantonalbank, und – genau wie Monolitix – ins Finale des Heuberger Jungunternehmerpreises. Ebenfalls für den STARTFELD Diamant 2013 nominiert war Combivap, die Leuchtdioden aus organischen Materialien herstellt. Gewonnen hat den Edelstein schliesslich Cosibon, die ein neuartiges Kundenbindungssystem entwickelt, das Handelsunternehmen, Produktherstellern und Konsumenten eine völlig neue Art der Kommunikation bietet.

Bei zwei tebo-Firmen ergaben sich wesentliche Veränderungen: Die erfolgreiche Empa-Testmaterialien AG hat sich in Swisstatest Testmaterialien AG umbenannt. Die Zusammenarbeit mit der Empa bleibt indes bestehen. Und die Bluesign Technologies AG, Entwickler des bluesign® Systems der alle relevanten Einsatzströme und Umwelteinflüsse in der textilen Wertschöpfungskette beleuchtet, ist innert sechs Jahren von fünf auf über 30 Personen angewachsen – und hat vor Kurzem das tebo verlassen.

Auch in Aus- und Weiterbildung engagiert

Unter dem Lead der Technopark® Academy haben sich glaTec, tebo und STARTFELD gemeinsam mit anderen Partnern im Bereich Jungunternehmerförderung zu einem Konsortium zusammengeschlossen, das im Auftrag der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) Entrepreneurship-Kurse konzipiert und durchführt. Im letzten Jahr wurden bereits 17 jeweils 5-tägige Kurse angeboten. Sie fanden gute Resonanz. Drei dieser Kurse fanden an der Empa in St. Gallen statt, organisiert von STARTFELD.

Grossprojekte mit starken Partnern

Die Zusammenarbeit mit der Wirtschaft hatte für die Empa schon immer einen hohen Stellenwert. Neben dem intensiven Austausch mit Partnern aus der Industrie in über 110 neuen Forschungsprojekten spielte 2013 auch die Entwicklung gemeinsamer Plattformen eine wesentliche Rolle.

NEST – ein Innovationskatalysator im Gebäudebereich

NEST ist ein modulares Gebäude mit festem Kern (dem sogenannten Backbone) und austauschbaren Wohn- und Arbeitsbereichen – sogenannten Units. Es erlaubt eine deutlich schnellere Forschung an und Entwicklung von Bau- und Dämmstoffen, Wohneinrichtungen, Gebäudetechnologien und Energiemanagementsystemen, als sie an herkömmlichen Gebäuden bisher möglich war. Im NEST treffen internationale Forschungsteams aus Universitäten und Fachhochschulen, renommierte Architekturbüros und innovative Firmen aus der Baubranche zusammen, entwerfen Wohnkonzepte der Zukunft, bauen ihre Forschungsmodule ins NEST ein und werten die gewonnenen Erkenntnisse gemeinsam aus.

Die Grundfinanzierung des NEST-Projekts, das ein Gesamtvolumen von 38 Millionen Schweizer

Franken aufweist, wurde 2013 erfolgreich abgeschlossen. Die Trägerschaft besteht aus dem Staatssekretariat für Bildung, Forschung und Innovation (SBFI), dem Bundesamt für Energie



(BFE), dem Kanton Zürich, der Stadt Dübendorf, der Ernst Göhner Stiftung, dem ETH-Rat, der Eawag und der Empa; dieses Konsortium stellt die Finanzierung des Backbones und des Betriebs sowie einen Grossteil der Units sicher. Die restliche Finanzierung erfolgt seitens der Projekt- und Industriepartner im Rahmen der Realisierung der verschiedenen Units. Die Akquisition entsprechender Partner ist ein Hauptfokus für 2014.

Als neuer Realisierungspartner hat der Schweizerisch-Liechtensteinische Gebäudetechnikverband (suissetec) Ende 2013 zugesagt, mit «Solare Fitness/Wellness» eine weitere Unit mitzufinanzieren. Damit sind derzeit insgesamt bereits fünf Units in Vorbereitung: Neben «Solare Fitness/Wellness» sind dies «City Lifting» zum Thema verdichtetes Wohnen durch Aufstockung; «HiLo», das Penthouse der Zukunft; «Meet2Create» – neue Ar-



Auf den permanenten Kern (Backbone, links) des NEST kommen diverse modulare Aufbauten (rechts) zu stehen (Visualisierung: Gramazio & Kohler).

beits- und Bürokonzepte; und «Visionary Wood», das die Nutzung von Holz neu ausloten will. Es ist geplant, die effektiven Bauarbeiten 2014 zu starten. Die offizielle Eröffnung von NEST ist für 2015 vorgesehen.

Planung für das «Coatings Competence Center» (CCC) in vollem Gang

Im Bereich Beschichtungstechnologien ist die Schweiz eines der weltweit führenden Länder; so werden zum Beispiel 80 Prozent der harten Schichten von Schweizer Firmen hergestellt. Zusammen mit Partnern aus Industrie und Forschung will die Empa das «Coatings Competence Center» (CCC) etablieren. Einerseits soll das geplante Zentrum Aus- und Weiterbildungen im Bereich Beschichtungstechnologie anbieten; andererseits sollen neuste Forschungsergebnisse aus dem Labor möglichst schnell und direkt an interessierte Industriepartner «übergeben» werden, um daraus innovative Produkte und Technologien zu entwickeln, die sich am Markt durchsetzen können – und den Firmen daher im internationalen Geschäft einen Wettbewerbsvorteil sichern. 2013 wurden die grundlegenden Entscheide für das geplante Zentrum gefällt und verschiedene Absprachen mit interessierten Partnern getroffen; nun läuft die Umsetzung an.

Neuer Technologiepark in St. Gallen

Der Verkauf des Tagblatt-Gebäudes in unmittelbarer Nachbarschaft zur Empa in St. Gallen eröffnet neue Perspektiven. Unter Leitung des an der Empa angesiedelten tebo («Technologiezentrum für die Euregio Bodensee») wird dort ein Technologiepark entstehen. Darin sollen Firmen angesiedelt werden, die zum Kompetenzprofil der Empa passen und so neue Möglichkeiten der Zusammenarbeit erschliessen.



So könnte der Technologiepark auf dem ehemaligen Tagblatt-Areal, direkt neben der Empa am Standort St. Gallen, einmal aussehen (Visualisierung: Standortförderung Stadt St. Gallen).

Spitzenforschung und Innovation dank globalem «Teamwork»

Moderne Forschung ist, je länger je mehr, auf ein möglichst ausgedehntes internationales Netzwerk und gute partnerschaftliche Beziehungen angewiesen. Diese pflegt die Empa denn auch durch bilaterale Kooperationen, die Teilnahme an internationalen Forschungsprogrammen und den Austausch von talentierten Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen.



«Brain Transfer» – der Austausch heller Köpfe

Vor allem für Jungforschende sind Erfahrungen in ausländischen Forschungsinstitutionen, wie sie etwa das Erasmus-Programm der EU bietet, von enormer Bedeutung. Daher hat die Empa zahlreiche bilaterale Abkommen mit renommierten Partnerinstituten abgeschlossen, in denen der Austausch von Studierenden zentral ist. Im letzten Jahr hat Empa-Direktor Gian-Luca Bona etwa eine derartige Kooperationsvereinbarung mit dem «Los Alamos National Laboratory» in den USA geschlossen. Zudem unterzeichnete er ein sogenanntes «Memorandum of Understanding» (MoU) mit dem Korea Institute of Metals and Materials (KIM) sowie – anlässlich des Staatsbesuchs der südkoreanischen Präsidentin Park Geun-hye in der Schweiz – dem Korea Institute of Science and Technology (KIST).

Die Vereinbarungen mit den koreanischen «Schwesterinstituten» der Empa gingen auf den Staatsbesuch von Bundesrat Johann Schneider-Ammann im Juni 2013 zurück, in dessen

Unterzeichnung eines «Memorandum of Understanding» zwischen der Empa und dem Korea Institute of Science and Technology (KIST) in Bern: Im Hintergrund Bundesrat Didier Burkhalter mit der südkoreanischen Präsidentin Park Geun-hye.

Delegation sich auch Empa-Direktor Bona befand. Dabei ging es ganz grundsätzlich darum, Felder mit Innovationspotenzial zu identifizieren, die für beide Länder von Interesse sind – und die Forschungszusammenarbeit in ebendiesen Feldern wie Energie, natürliche Ressourcen und Umwelttechnologien, aber auch nachhaltiges Bauen zu intensivieren.

In der Doktorierendenausbildung sowie in der Forschung auf dem Gebiet der nachhaltigen Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien (ICT) hat die Empa die Zusammenarbeit mit der Königlichen Technischen Hochschule (KTH) in Stockholm ausgebaut; Empa-Forscher Lorenz Hilty, der auch Professor für Informatik und Nachhaltigkeit an der Universität Zürich ist, wurde Anfang des Jahres zum Professor für Informationstechnologien und nachhaltige Entwicklung an der KTH ernannt. Nach dem Strassenbauexperten Manfred Partl ist Hilty bereits der zweite Empa-Forscher, der eine Professur an der KTH innehat.

Empa wird Mitherausgeberin eines Open-Access-Fachjournals

Mit dem japanischen National Institute for Materials Science (NIMS), mit dem die Empa bereits seit einigen Jahren etwa in der Nanoforschung eng zusammenarbeitet, verantwortet die Empa ab 2014 die Open-Access-Fachpublikation «Science and Technology of Advanced Materials» als Co-Herausgeberin. So möchten

die beiden Institute das Journal zu einer der weltweit führenden Publikationen im Bereich Materialforschung entwickeln. In Zukunft fungiert Gian-Luca Bona als Regional Editor, Harald Krug ist neu Co-Editor-in-Chief.

«Who is who» der Materialforschung zu Gast an der Empa
Vertreter des NIMS waren zusammen mit Kollegen und Kolleginnen von rund 50 «Schwesterinstituten» der Empa aus der ganzen



Empa-Direktor Gian-Luca Bona (ganz links) begleitete im Juli eine Schweizer Regierungsdelegation um Bundesrat Johann Schneider-Ammann (vierter von links) nach Südkorea. Ein Forscher am Korean Institute of Science and Technology (KIST) erklärt der Delegation seine Arbeit (Bild: ST Office Seoul).

Kontakt

Prof. Dr. Gian-Luca Bona
gian-luca.bona@empa.ch



Welt Mitte Mai anlässlich des 5. Symposiums des World Materials Research Institutes Forum (WMRIF) zu Gast an der Empa. Das Kernthema «Materials meet Life», also die Frage, wie Materialien mit unserem Körper interagieren und wie sich dieses Wissen dazu nutzen lässt, modernste medizinaltechnische Technologien und Materialien zu entwickeln, stiess auf grosses Interesse und führte zu angeregten Diskussionen unter den Teilnehmenden.

Die Nanotechnologie wird in diesem Zusammenhang häufig kontrovers diskutiert und wirft nach wie vor Fragen auf, vor allem in Bezug auf künstlich hergestellte Nanoröhrchen, deren Auswirkungen auf den menschlichen Organismus noch nicht umfassend erforscht sind. Hier ist besonders die Forschung am US-amerikanischen National Institute of Standards and Technology (NIST) und an der Empa gefragt; beide arbeiten in diesem Feld eng zusammen, um mögliche Chancen, aber auch Risiken frühzeitig zu erkennen und richtig einzuschätzen. Die Untersuchungen werden in internationalen Ringversuchen mit renommierten Partnerinstituten aus der ganzen Welt validiert.

Die Empa ist neu Mitherausgeberin des Journals
«Science and Technology of Advanced Materials».

Auch 2013 war der Veranstaltungskalender der Empa-Akademie wieder randvoll und bot etliche Highlights. Insgesamt fanden knapp 5000 Teilnehmerinnen und Teilnehmer den Weg zu rund 90 Veranstaltungen. An 35 wissenschaftlichen Konferenzen, Kursen und Vorträgen tauschten sich dabei rund 2000 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler über ihre Fach-



gebiete aus. Im Rahmen der mittlerweile etablierten «Technology Briefings» trafen sich Vertreterinnen und Vertreter von Industrie und Wirtschaft mit Fachleuten aus den verschiedenen Forschungsbereichen an sieben Anlässen, um die Brücke von der Wissenschaft in die Praxis zu schlagen. Auf besonders grosses Interesse stiessen die «Tage der Technik», dieses Jahr zum Thema «Strom – jetzt wirds spannend». 280 Teilnehmende folgten der Einladung von Swiss Engineering, SATW und Empa, um sich über die Gestaltung eines nachhaltigen Stromsystems für die Schweiz zu informieren.

50 Jahre Empa am Standort Dübendorf

Im August feierte der Empa-Campus in Dübendorf sein 50-jähriges Bestehen. Neben Bundesrat Johann Schneider-Ammann gratulierten der Präsident des ETH-Rats, Fritz Schiesser, die alt Nationalrätin Brigitta Gadiant, die Nationalrätinnen und Nationalräte Lothar Ziörjen (der auch Stadtpräsident von Dübendorf ist), Maria Bernasconi, Martin Bäumlle und Barbara

92 Prozent der Teilnehmenden bewerten die Veranstaltungen der Empa-Akademie mit «gut» oder sogar «sehr gut» (Bild: Andreas Bucher).

Schmid-Federer sowie die Zürcher Regierungsrätin Regine Aeppli und der Präsident der ETH Zürich, Ralph Eichler. Die rund 240 Gäste konnten im Zeitraffer die Tätigkeit der letzten 50 Jahre Revue passieren lassen und erhielten auf Führungen durch verschiedene Labors einen Einblick in die aktuellen Tätigkeiten und die Zukunft der Empa.



Der Regierungsrat des Kantons Zürich – im Bild mit Empa-Direktor Gian-Luca Bona (dritter von links) – traf sich an der Empa zum Gedankenaustausch mit Vertreterinnen und Vertretern der Wirtschaft (Bild: Andreas Bucher).

Hoher Besuch in Dübendorf

Im Herbst wählte der Regierungsrat des Kantons Zürich für seinen (erstmalig durchgeführten) Standortdialog die Empa als Veranstaltungsort, zum einen, weil sie für das Thema des Anlasses, Technologietransfer zwischen Forschung und Industrie, geradezu prädestiniert sei, zum anderen, weil die Empa aus Sicht des Regierungsrats eine über Kantons- und Landesgrenzen hinaus anerkannte Institution sei – und damit ein wichtiger Image-träger für den Wirtschafts- und Forschungsstandort Zürich. Die Teilnehmenden – rund 70 Führungskräfte aus innovativen Branchen der Region sowie der Gesamtregierungsrat – erhielten einen vertieften Einblick in die mannigfaltigen Tätigkeiten der Empa.

«Empa Technology & Innovation Forum»

Um den Austausch mit der Wirtschaft zu intensivieren, rief die Empa 2013 eine neue Veranstaltungsreihe ins Leben, das «Empa Technology & Innovation Forum». Angelegt, Geschäftsführungsmitglieder nationaler und internationaler Unternehmen untereinander und mit der Empa zu vernetzen, startete die Veranstaltungsreihe mit dem ersten Forum zum Thema «Open Innovation» im April und einem zweiten im November unter dem Motto «Nachhaltigkeit und Innovation» äusserst erfolgreich und sicherte sich für die Zukunft einen festen Platz im Veranstaltungskalender der Empa.

Kommunikation an vielen Fronten

Kommunikation und damit auch die Wissenschaftskommunikation wird immer mannigfaltiger; regelmässig tun sich neue Kanäle und Möglichkeiten auf, um Adressaten – oder moderner: Stakeholder – zu erreichen. Ein Grossteil davon spielt sich in den «neuen» elektronischen Medien ab, den sozialen Netzwerken. Seit letztem Jahr ist auch die Empa sozial, und zwar «auf allen Kanälen».



Empa goes social

Wer nicht zwitschert, «postet» oder «Likes» verteilt, ist kommunikativ von gestern, hört man allenthalben. Und in der Tat sind soziale Medien ein geeignetes Instrument, vor allem jüngere «Follower» und Communities anzusprechen. Daher hat sich die Empa 2013 entschieden, sich vermehrt sozial zu engagieren – kommunikativ betrachtet. Seit Herbst gibt es uns also endlich auch im Universum von Facebook, Twitter, Flickr und Co. Damit hat die Empa ihr bereits bestehendes Angebot auf den Business-Plattformen Xing! und LinkedIn sowie auf den Video- und Podcast-Portalen YouTube und im iTunes Store ergänzt.

Im iTunes-Zeitungskiosk (sowie im Google Play Store für Android-Geräte) ist seit rund einem Jahr auch die App der «EmpaNews» erhältlich. Das digitale Forschungsmagazin bietet zahlreiche Extrafeatures wie Videos, Audiopodcasts, Bildergalerien, interaktive Grafiken und weiterführende Links. Und kann noch dazu immer und überall gelesen werden.

Den direkten Dialog pflegen

Aber auch wer die Empa und ihre Exponenten live erleben wollte, hatte 2013 dazu an zahlreichen Events an den Empa-Standorten reichlich Gelegenheit. Etwa am 50-jährigen Jubiläum des Empa-Campus in Dübendorf, an dem auch Bundesrat Johann Schneider-Ammann, als Wirtschafts- und Forschungsminister der oberste Dienstherr der Empa, dem Institut die Ehre erwies. Oder anlässlich des ersten Standortdialogs der Regierung des Kantons Zürich, zu

dem der Regierungsrat Wirtschaftsvertreterinnen und -vertreter an die Empa einlud, um mit ihnen das (durchaus passende) Thema «Technologietransfer zwischen Forschung und Industrie» zu diskutieren. Der Dialog mit (bestehenden und potenziellen) Industriepartnern stand auch im Zentrum der neu lancierten Veranstaltungsreihe «Empa Technology & Innovation Forum», zu deren ersten beiden Events mehr als 120 Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Einladung der Empa folgten (siehe auch Seite 88).



Bundesrat Johann Schneider-Ammann bei seiner Ansprache zum 50-jährigen Bestehen des Empa-Standorts Dübendorf.



Ein Team von EmpaTV interviewt Empa-Direktionsmitglied Brigitte Buchmann.

Empa-Exponenten, allen voran die Führungscrew um Direktor Gian-Luca Bona, gaben auch regelmässig extern das eine oder andere «Gastspiel». Beispielsweise an diversen Podiumsdiskussionen zu Themen wie Energiewende oder Innovationsmanagement, wie am «Swiss Energy and Climate Summit» im Sommer in Bern, am Infrastrukturtag des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) unter Leitung von Bundesrätin Doris Leuthard im November in Lausanne oder an Veranstaltungen zum zukünftigen Schweizer Innovationspark beziehungsweise dessen Zürcher «Hub», der auf dem Flughafen Dübendorf – und damit in unmittelbarer Nachbarschaft zur Empa – entstehen soll. Ausserdem begleitete Empa-Direktor Bona im Juli eine Schweizer Regierungsdelegation um Bundesrat Johann Schneider-Ammann nach Südkorea, um mögliche bilaterale Kooperationen im Hightech-Bereich zu evaluieren und aufzugleisen.

Besuchergruppen aus dem In- und Ausland

Ausserordentlich grosser Beliebtheit erfreuen sich nach wie vor die Besucherführungen an der Empa. Im Oktober beteiligte sich die Empa zum Beispiel erstmals als externer Partner am «Treffpunkt Science City» der ETH Zürich zum Thema neue Materialien und deren Erforschung; die 80 Plätze für die Abendveranstaltung mit dem Besuch von vier Empa-Laboratorien war im Nu ausge-

bucht. Insgesamt nahmen 2013 mehr als 2700 Besucher und Besucherinnen die Gelegenheit wahr, an der Empa einen Blick hinter die Kulissen moderner Materialforschung zu erhaschen. Darunter waren erneut zahlreiche Regierungsdelegationen aus dem In- und Ausland; neben dem Zürcher Regierungsrat statteten die Appenzell-Innerrhoder Regierung sowie eine Delegation um den thailändischen Forschungsminister Phiraphan Phalusuk und eine Abordnung der Luxemburger Regierung unter Leitung von Tom Eischen, Energiekommissar im Wirtschaftsministerium der Empa (in St. Gallen) einen Besuch ab. Auch verschiedene Industrie- und Wirtschaftsdelegationen, etwa aus Frankreich, Österreich, Rumänien, Kasachstan und Südkorea, nutzen den Besuch, um sich mit Empa-Vertreterinnen und Vertretern auszutauschen.

Unternehmenskultur im Wandel

Im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms 60 war die Empa in die Studie «Frauen in Ingenieurberufen – gesucht und respektiert?» eingebunden. Die Unternehmensberatung Rütter+Partner untersuchte den Einfluss von Unternehmenskulturen auf die Karrieren von Ingenieurinnen und Wissenschaftlerinnen und zeigte Hemmnisse auf, die vor allem Frauen auf dem Weg in Führungsfunktionen behindern. Basierend auf diesen Resultaten konzipierte Rütter+Partner einen halbtägigen Workshop, der die Thematik aufgreift und vor allem Kaderleute sensibilisieren soll. Die Empa wird das Thema der genderspezifischen Führungskultur ab sofort in das Weiterbildungsprogramm ihrer Führungskräfte integrieren.



eawag empa kinderpavillon

Im Jahr 1994 wurde die Kinderkrippe im Pavillon 34 bezogen. Heute bietet die Kinderkrippe im 2006 fertiggestellten Pavillon 34 Betreuungsplätze in drei Gruppen. Allein diese Zahlen belegen die Erfolgsgeschichte. Inzwischen ist die Kinderkrippe von Empa und Eawag ein fester Bestandteil der beiden Institute und trägt wesentlich dazu bei, dass die besten Forscher und Forscherinnen gerne an

Beruf und Familie unter einem Hut

Vor 20 Jahren gründete sich der Elternverein «IG Kinderpavillon» mit dem Ziel, eine Kinderkrippe für die Mitarbeitenden der Empa und der Eawag zu eröffnen. Bereits am 1. November 1994 wurden im damaligen Gästehaus zwei Zimmer, Küche, Bad und ein grosser Garten als erstes Do-

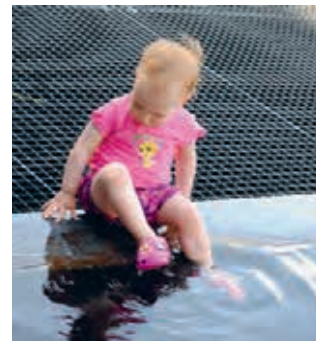
Auch das Logo der Kinderkrippe hat sich gewandelt:
aus den Anfangszeiten (oben) und heute (unten).

der Eawag und der Empa arbeiten, weil ihre Kinder bis zum Kindergartenalter optimal in ihrer Nähe betreut werden können. Insbesondere Mitarbeitende, die aus dem Ausland kommen, schätzen das Angebot. Mit einem Sommerfest feierte der Verein sein 20-jähriges Bestehen. Die Kinder freuten sich über ein neues Klettergerüst und das ehemalige Eawag-Forschungsschiff «Forch», die



im Garten des Kinderpavillons als neue Attraktionen aufgestellt wurden.

Beruf und Familie unter einen Hut zu bringen, ist an der Empa sehr gut möglich. Im Sommer 2013 konnte die Empa das Prädikat «Familie UND Beruf» mit der Einstufung «Best Practice» erneut entgegennehmen. In den letzten Jahren wurden insbesondere in den Bereichen «Arbeitsinhalte, Führungsverständnis und Personalentwicklung» grosse Fortschritte erzielt. Die Empa unternimmt weitere Anstrengungen, um für ihre Mitarbeitenden optimale Bedingungen zur Vereinbarkeit von Beruf und Familie zu schaffen. So ist zum Beispiel der Vaterschaftsurlaub im Jahr 2013 von fünf auf zehn Tage verdoppelt worden.



Das 20-jährige Jubiläum des Elternvereins «IG Kinderpavillon» wurde im Sommer mit einem Gartenfest und Spielen für Gross und Klein gefeiert.

Zahlen und Fakten

Exzellente Forschung und Industrienähe – das sind die zwei «Pole», zwischen denen sich die Empa bewegt. Und je länger, je erfolgreicher, wie einige Zahlen belegen: 2013 haben Empa-Forscherinnen und -Ingenieure knapp 530 wissenschaftliche Publikationen veröffentlicht, mehr als je zuvor. Um die Jahreswende liefen an der Empa rund 110 vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF) finanzierte Projekte, 110 Projekte, die von der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) unterstützt werden, und mehr als 60 EU-Projekte – auch hier in der Summe ein neuer Spitzenwert. Insgesamt warb die Empa im vergangenen Jahr mehr als CHF 63 Millionen an Zweit- und Drittmitteln ein – ebenfalls ein «all-time-high» –, wovon rund die Hälfte auf Industrie-nahe Projekte entfällt. Die knapp 20 Empa-Spin-offs beschäftigen zusammen mit weiteren Start-ups in den Business Inkubatoren der Empa insgesamt rund 250 Mitarbeitende, Tendenz steigend.

ft	right		Eva
bottom	top	bottom	6
	Ag(1+1)	Au/nica	0-
		PE/IR ① etched 23.9.13	Na
U-tip Omirion 28.2.13		Ta-plate	21
crucible transfer holder		Qplus II	15
PdGa CX3-4 110 10020	PdGa CX3-3 110 10023	PE/IR ② etched 22.1. insert STM	0-
QPlus Basel	broken spring		1 refi

porator
-fold

Kentax

2x evap

13c

up 152d

up | empty

.Cl

down PTCDA

down | 3-ethyl
phenanthrene

3b(SI)

54a

STM

Transfer
carrier

FEL

manipulator
cool

18a



25e

illed 4.11.2013

Argon

FEL



W
Tu,

manipulator
heat

	15/07/13	23/07/13
P sputt 700V 6mA (1KV)	3E-6	3E-6



WISSENSCHAFTLICHER OUTPUT

	2012	2013
ISI-Publikationen	509	527
Konferenzbeiträge	1043	1134
Doktoratsabschlüsse	44	26
Laufende Doktorate	160	188
Lehrtätigkeit (in Stunden)	3500	3885
Preise/Auszeichnungen	37	45

EMPA-AKADEMIE

	2012	2013
Empa-Veranstaltungen	95	88
Teilnehmende	4000	4500
Wissenschaftliche Tagungen	9	13
Fachveranstaltungen für die Wirtschaft	31	35

WISSENS- & TECHNOLOGIETRANSFER

	2012	2013
Neue F&E-Vereinbarungen	150	111
Aktive Verwertungsverträge (Lizenz/Option/Verkauf)	87	83
Neue Verwertungsverträge	33	19
Neue Patentanmeldungen	18	14

LAUFENDE PROJEKTE

	2012	2013
SNF	99	110
KTI	108	108
EU-Projekte	64	62

SPIN-OFFS & START-UPS (tebo & glaTec)

	2012	2013
Firmen gesamt	29	32
Davon Spin-offs	15	18
Mitarbeitende gesamt	197	250
Davon Mitarbeitende der Spin-offs	87	94

PERSONALBESTAND (PER 31. DEZEMBER 2013)

	2012	2013
Wissenschaftliches Personal	519	516
Davon ProfessorInnen	24	25
Davon Doktorierende	119	131
Davon wissenschaft. Personal ohne Prof./Doktorierende	376	360
Technisches/administratives Personal	446	442
Davon Lernende	42	38
Total	965	958

MEDIENPRÄSENZ

	2012	2013
Radio & TV	88	100
Print	945	845
Online	1938	1795
Total	2971	2740
Sprachen	34	31

ERFOLGSRECHNUNG (IN MIO. CHF)

	2012	2013
Ertrag		
Finanzierungsbeitrag Bund	97,8	97,3
Massnahmen «Frankenstärke»	0,0	0,0
Zweit-/Drittmittel	59,4	61,4
Davon Dienstleistungserlöse	13,3	14,6
Übrige Erträge	2,6	2,0
Finanzerträge	0,0	0,4
Total Ertrag	159,8	161,1
Aufwand		
Personalaufwand	105,8	106,5
Materialaufwand	6,0	5,1
Übriger Sachaufwand	35,9	36,3
Veränderung Leistungsversprechen	3,3	0,0
Zunahme Rückstellungen für Projekte	3,8	4,6
Total Aufwand laufende Aktivitäten	154,8	152,5
Gesamtergebnis	5,0	8,6
Investitionen		
Immobilien	3,8	4,3
Mobilien	8,4	8,3
Informatik	0,2	0,5
Total Investitionen	12,4	13,1

Gremien der Empa

ETH-Rat

Der ETH-Rat leitet den ETH-Bereich mit den beiden Eidgenössischen Technischen Hochschulen und den vier Forschungsanstalten PSI, WSL, Eawag und Empa.

PRÄSIDENT

Fritz Schiesser [Dr. iur., Haslen GL](#)

VIZEPRÄSIDENT

Paul L. Herrling [Prof. Dr., Novartis, Basel](#)

MITGLIEDER

Patrick Aebischer [Prof. Dr., EPF Lausanne](#)

Ralph Eichler [Prof. Dr., ETH Zürich](#)

Beatrice Fasana Arnaboldi [Dipl. Ing. Lm, Sandro Vanini SA, Rivera](#)

Barbara Haering [Dr. Dr. h.c., Econcept AG, Zürich](#)

Beth Krasna [Dipl. Ing. ETH, unabhängige Verwaltungsrätin](#)

Joël Mesot [Prof. Dr., PSI, Villingen](#)

Jasmin Staiblin [Dipl. El.-Ing., Alpiq Holding, AG, Lausanne](#)

Markus Stauffacher [Dr., ETH Zürich](#)

Olivier Steimer [lic. iur., Waadtländer Kantonbank, Lausanne](#)

Industrial Advisory Board

Das Industrial Advisory Board ist ein Gremium führender Persönlichkeiten, das die Leitung der Empa bei grundlegenden Fragen berät.

PRÄSIDENT

Henning Fuhrmann [Dr., Siemens, Zug](#)

MITGLIEDER

Kurt Baltensperger [Dr., ETH-Rat, Zürich](#)

Norman Blank [Dr., Sika, Zürich](#)

Peter Chen [Prof. Dr., ETH Zürich](#)

Andreas Hafner [Dr., BASF, Basel](#)

Robert Frigg [Prof. Dr. mult. h.c., MEDTECinside, Bettlach](#)

Jan-Anders Manson [Prof. Dr., EPF Lausanne](#)

Markus Oldani [Dr., ALSTOM, Baden](#)

Andreas Schreiner [Dr., Novartis, Basel](#)

Eugen Voit [Dr., Leica Geosystems, Heerbrugg](#)

Forschungskommission/International Peer Review Committee

Die Forschungskommission und das International Peer Review Committee beraten die Empa-Leitung in Forschungsfragen, bei der Wahl des F+E-Spektrums und bei der Evaluation von F+E-Projekten.

FORSCHUNGSKOMMISSION

Thomas Egli [Prof. Dr., Eawag, Dübendorf](#)

Karl Knop [Dr., Zürich](#)

Dimos Poulidakos [Prof. Dr., ETH Zürich](#)

Heike Riel [Prof. Dr., IBM, Rüschlikon](#)

Marcus Textor [Prof. Dr., ETH Zürich](#)

Alexander Wokaun [Prof. Dr., PSI, Villigen](#)

INTERNATIONAL PEER REVIEW COMMITTEE

Erkki Leppävuori [Prof. Dr., VTI, Finnland \(Präsident\)](#)

David Grainger [Prof. Dr., Universität Utah, USA](#)

Bengt Kasemo [Prof. Dr., Universität Chalmers, Schweden](#)

Jacques Marchand [Prof. Dr., Universität Laval, Kanada](#)

Claudia Stürmer [Prof. Dr., Universität Konstanz, Deutschland](#)

Eberhard Umbach [Prof. Dr., KIT, Deutschland](#)

Sukekatsu Ushioda [Prof. Dr., NIMS, Japan](#)

Organigramm 2014

Research Focus Areas

Nanostrukturierte Materialien

Dr. Pierangelo Gröning

Sustainable Built Environment

Dr. Peter Richner

Gesundheit und Leistungsfähigkeit

Dr. Alex Dommann

Natürliche Ressourcen und Schadstoffe

Dr. Brigitte Buchmann

Energie

Dr. Peter Richner

LEITUNG

Direktor	Stv. Direktor	Mitglieder
Prof. Dr. Gian-Luca Bona	Dr. Peter Richner	Dr. Brigitte Buchmann Dr. Alex Dommann Dr. Pierangelo Gröning Dr. Urs Leemann

DEPARTEMENTE

Moderne Materialien und Oberflächen	Bau- und Maschineningenieurwesen	Materials meet Life
Dr. Pierangelo Gröning	Dr. Peter Richner	Dr. Alex Dommann
Zentrum für Elektronenmikroskopie Dr. Rolf Erni	Zentrum für Festkörperkinematik und -aktorik Dr. Flavio Campanile	Zentrum für Röntgenanalytik Dr. Alex Dommann
ABTEILUNGEN		
Hochleistungskeramik Prof. Dr. Thomas Graule	Strassenbau / Abdichtungen Prof. Dr. Manfred Partl	Schutz und Physiologie Dr. René Rossi
Fügetechnologie und Korrosion Dr. Lars Jeurgens	Angewandte Holzforschung Dr. Tanja Zimmermann	Advanced Fibers Prof. Dr. Manfred Heuberger
Nanoscale Materials Science Prof. Dr. Hans Josef Hug	Ingenieur-Strukturen Prof. Dr. Masoud Motavalli	Materials-Biology Interactions Dr. Katharina Maniura / Dr. Peter Wick
Advanced Materials Processing Prof. Dr. Patrik Hoffmann	Mechanical Systems Engineering Dr. Giovanni Terrasi	Bioaktive Materialien Prof. Dr. Dr. h.c. Linda Thöny-Meyer
nanotech@surfaces Prof. Dr. Roman Fasel	Bautechnologien Prof. Dr. Jan Carmeliet	Reliability Science and Technology Dr. Urs Sennhauser
Werkstoff- und Nanomechanik Dr. Johann Michler	Mechanical Integrity of Energy Systems Prof. Dr. Edoardo Mazza	
Dünnschichten und Photovoltaik Prof. Dr. Ayodhya N. Tiwari	Center for Synergetic Structures Dr. Rolf Luchsinger (PPP Empa – Festo)	
Funktionspolymere Prof. Dr. Frank Nüesch	Beton / Bauchemie Prof. Dr. Pietro Lura	
	Akustik / Lärmminderung Kurt Eggenschwiler	

Forschungskommissionen	Industrial Board
National Prof. Dr. Thomas Egli, Eawag, Dübendorf Dr. Karl Knop, Zürich Prof. Dr. Dimos Poulikakos, ETH, Zürich Prof. Dr. Heike Riel, IBM, Rüschlikon Prof. Dr. Marcus Textor, ETH, Zürich Prof. Dr. Alexander Wokaun, PSI, Villigen	Intern Dr. Pierangelo Gröning (Präsident) Dr. Georg Spescha (Geschäftsführer) Dr. Andrea Bergamini Dr. Erwin Hack Dr. Dirk Hegemann Dr. Bernd Nowack Dr. Daniele Passerone Dr. Stefan Reimann Dr. Patrik Soltic
	Dr. Henning Fuhrmann, Siemens, Zug (Präsident) Prof. Dr. mult. hc Robert Frigg, MEDTECinside, Bettlach Dr. Norman Blank, Sika, Zürich Dr. Andreas Hafner, BASF, Basel Dr. Markus Hofer, Bühler, Uzwil Dr. Markus Oldani, ALSTOM, Baden Dr. Andreas Schreiner, Novartis, Basel Dr. Eugen Voit, Leica Geosystems, Heerbrugg Dr. Kurt Baltensperger, ETH-Rat, Zürich Prof. Dr. Peter Chen, ETH, Zürich Prof. Dr. Jan-Anders Manson, EPF, Lausanne

Wissens- und Technologietransfer

NEST

Reto Largo

Empa-Akademie

Anja Pauling

glaTec – Technologie- zentrum in Dübendorf

Mario Jenni

tebo – Technologie- zentrum in St.Gallen

Peter Frischknecht

Netzwerk Zuverlässigkeitstechnik

Dr. Urs Sennhauser

International Research Cooperations

Prof. Dr. Harald Krug



E-Mail portal@empa.ch
Tel. +41 58 765 44 44
www.empa.ch/portal

Mobilität, Energie und Umwelt

Dr. Brigitte Buchmann

Materials for Energy Conversion & Devices

Dr. Corsin Battaglia (ab 1.9.2014)

Analytische Chemie

Dr. Heinz Vonmont

Luftfremdstoffe / Umwelttechnik

Dr. Lukas Emmenegger

Verbrennungsmotoren

Christian Bach

Wasserstoff und Energie

Prof. Dr. Andreas Züttel

Technologie und Gesellschaft

Heinz Böni a.i.

Support

Dr. Urs Leemann

Bibliothek (Lib4RI)

Dr. Lothar Nunnenmacher

Informatik

Stephan Koch

Konstruktion / Werkstatt

Stefan Hösli

Finanzen / Controlling / Einkauf

Heidi Leutwyler

Kommunikation

Dr. Michael Hagmann

Facility Management

Peter Wegmann

Personal

André Schmid

Marketing, Wissens- und Technologietransfer

Gabriele Dobenecker

Bau 3 FI / Technischer Dienst

Hannes Pichler

International Peer Review Committee

Prof. Dr. Erkki Leppävuori, VTT, Finnland (Präsident)
Prof. Dr. David Grainger, Universität Utah, USA
Prof. Dr. Bengt Kasemo, Universität Chalmers, Schweden
Prof. Dr. Jacques Marchand, Universität Laval, Kanada
Prof. Dr. Claudia Stürmer, Universität Konstanz, Deutschland
Prof. Dr. Eberhard Umbach, KIT, Deutschland
Prof. Dr. Sukekatsu Ushioda, NIMS, Japan

Empa. Materialforschung und Technologie.



Materials Science & Technology

CH-8600 Dübendorf

Überlandstrasse 129

Telefon +41 58 765 11 11

Telefax +41 58 765 11 22

CH-9014 St. Gallen

Lerchenfeldstrasse 5

Telefon +41 58 765 74 74

Telefax +41 58 765 74 99

CH-3602 Thun

Feuerwerkerstrasse 39

Telefon +41 58 765 11 33

Telefax +41 33 228 44 90

www.empa.ch

ClimatePartner^o
klimaneutral

Druck | ID: 53232-1401-1010

