

# Jahresbericht 2014

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

**4**

Vorwort

**6**

Das Jahr im Rückblick

**11**

Ausgewählte Projekte

**51**

Research Focus Areas

**71**

Von der Forschung zur Innovation

**97**

Zahlen und Fakten

Herausgeber: Empa; Konzept/Redaktion/Gestaltung: Empa; Druck/Ausrüstung: Neidhart+Schön AG, Zürich.

© Empa 2015 – ISSN 1424-2176 Jahresbericht Empa

ClimatePartner  
klimaneutral  
Druck | ID: 52322-1504-0111





# Mut zum Risiko – Erfolg dank Innovation

Regelmässig schneidet die Schweiz in internationalen Vergleichen, sogenannten Rankings, beim Thema Innovation blendend ab. Die Medien überschlagen sich dann mit Superlativen; die Rede ist vom «Innovationsweltmeister Schweiz» – und zwar in Serie –, von der wettbewerbsfähigsten Volkswirtschaft und vielem mehr. Ein hervorragender Leistungsausweis für ein so kleines Land – der vor allem eines zeigt: Die Ressource, die jetzt und mehr noch in der Zukunft für die Schweiz am weitaus wichtigsten ist, sind Innovationen, mitunter also die klugen Köpfe, die diese hervorbringen.

Doch wie genau «produziert» man eigentlich Innovation? Wie wird aus einer guten Idee, aus einem herausragenden Forschungsergebnis ein bahnbrechendes Produkt, das sich am Markt behauptet? Fragen, die sich vor allem ein Forschungsinstitut wie die Empa immer wieder stellt. Wir bezeichnen uns gerne als Innovationsschmiede der Schweiz, als wesentlicher Bestandteil der hiesigen Innovationsszene, die ihren Teil dazu beiträgt, dass die Schweiz Rankings wie den «Global Innovation Index» seit Jahren anführt. «The Place where Innovation Starts», nicht weniger soll die Empa laut ihrem eigenen Selbstbild sein. Wie muss sich die Empa also aufstellen, um den «Innovationsmotor» immer wieder neu zu zünden? Oder anders gefragt: Wie viel grundlagennahe Forschung darf es sein und wie viel Technologieentwicklung muss sein? Dass beides absolut notwendig ist, steht ausser Frage. Doch wo liegt das ideale Gleichgewicht?

Um unsere Pipeline immer wieder von neuem füllen zu können, ist eine erstklassige Grundlagenforschung in unseren Kerngebieten, den Materialwissenschaften, entscheidend. Dies geht einher mit einer engen Zusammenarbeit mit den beiden ETH und den hiesigen Universitäten, aber auch mit einem intensiven Austausch mit anderen Materialforschungsinstituten rund um den Globus. Nur so können wir unseren zahlreichen Wirtschaftspartnern neue Impulse vermitteln und ein stets kompetenter Partner in Technologiefragen sein.

Um international wettbewerbsfähig beziehungsweise an der Spitze zu bleiben, darf man Risiken nicht scheuen. Grosse Würfe entstehen nicht in einem Umfeld mit stetig wachsenden bürokratischen Hürden und selbstgefälliger Abschottung. Eine Vollkaskomentalität führt nicht zu Innovationen, höchstens zu inkrementellen Verbesserungen. Wir sind nur dank weitsichtiger, mutiger Unternehmer, die ihre Mitarbeitenden am Erfolg partizipieren lassen, und dank offener und liberaler Rahmenbedingungen in einem stabilen Umfeld so weit gekommen. Es braucht auch (und gerade) künftig den Mut zum Scheitern, um im komplexer werdenden, kompetitiven globalen Umfeld erfolgreich Neues zu kreieren. Für diese ambitionierte und zukunftsgerichtete Vision steht die Empa als Forschungsinstitut, mit den Start-ups in ihren Inkubatoren und mit ihrem Engagement für den Schweizer Innovationspark.



*Prof. Dr. Gian-Luca Bona, Direktor*

# 01

## Entwarnung bei Nanofarben

Nach 42 Monaten ging das EU-Forschungsprojekt «NanoHouse» mit einer vorsichtigen Entwarnung zu Ende: Nanopartikel in Fassadenfarben stellen keine aussergewöhnliche Gesundheitsgefahr dar.

## Zusammenarbeit Empa-KIST

Anlässlich des Staatsbesuches der südkoreanischen Präsidentin Park Geun-hye in der Schweiz unterzeichnete die Empa ein «Memorandum of Understanding» mit dem Korea Institute of Science and Technology (KIST). Inzwischen sind bereits mehrere gemeinsame Projekte im Energiebereich angelaufen.



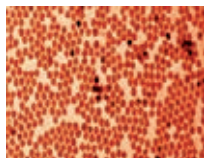
# 02

## Sorge um Kooperation mit der EU

Nach dem Ja zur Masseneinwanderungsinitiative forderten Schweizer Hochschulen und Forschungsinstitute, so auch die Empa, vom Bundesrat, dieser solle alles tun, damit die Schweiz wieder vollumfänglich an den EU-Programmen teilnehmen kann.

## Antimon-Nanokristalle für Batterien

Forscher der Empa und der ETH Zürich synthetisierten erstmals einheitliche Nanokristalle aus Antimon, die als vielversprechende Alternative für künftige Elektrodenmaterialien in Batterien mit hoher Ladekapazität gelten.



# 03

## Ein Blech, das niemals scheppert

Dieses Material könnte die Welt der Mechanik verändern: Es ist «programmierbar» und kann Schwingungen auf Knopfdruck komplett dämpfen, aber auch gezielt bestimmte Frequenzen weiterleiten. Hergestellt haben es Forscher der Empa und der ETH Zürich.

Seite 31



## Nachhaltigkeit und ICT

Empa-Forscher Lorenz Hilty, der an der Universität Zürich die Professur für Informatik und Nachhaltigkeit innehat, wurde zum (ersten) Delegierten der Universitätsleitung für Nachhaltigkeit ernannt.

# 04

## Poröses Graphen: der ultimative Filter

Eine neue, ultradünne Membran aus Graphen ist extrem leicht und atmungsaktiv. Sie könnte nicht nur verbesserte funktionelle Regenkleidung, sondern auch extrem schnelles Filtrieren ermöglichen, wie Forscher der ETH Zürich und der Empa berichteten.



## Sieg bei «venture kick»

Das Konzept von Empa-Forschern, mit einem Hightech-Drachen Windenergie in grossen Höhen anzuzapfen, hat das mit 130 000 Franken dotierte Finale von «venture kick» gewonnen. Ein Spin-off, die TwingTec AG, hat das Team bereits gegründet.



# 05

## Mit Nanozellulose gegen Ölpest



Ein neues, saugfähiges Material aus der Empa-Holzforchung könnte bei künftigen Ölkatastrophen helfen: chemisch modifizierte Nanozellulose. Der leichte Stoff saugt die Öllache auf, schwimmt auf dem Wasser und kann eingesammelt werden.

Seite 28

## Empa-Technologie im All

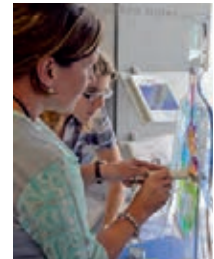
Nach zehnjähriger Reise durchs All erreichte die Sonde «Rosetta» im Mai ihren Zielkometen «67P/Churyumov-Gerasimenko». Mit an Bord: zwei Massenspektrometer mit komplexen Metall-Keramik-Sensoren der Empa, um die Atmosphäre des Kometen zu analysieren.

Seite 25

# 06

## «Expo Nano» zu Gast an der Empa

Im Juli gastierte die «Expo Nano» an der Empa. Die Ausstellung thematisiert Chancen und Risiken der Nanotechnologie und zeigt auf, wo Nanomaterialien eingesetzt werden. Dabei stellten Empa-Forscher den BesucherInnen nanomedizinische Forschungsprojekte vor.



## Künstliches Mottenaugen liefert Strom

Weltweit forschen Wissenschaftler an Solarzellen, die die Photosynthese der Pflanzen nachahmen. Empa-Forscher haben eine solche photoelektrochemische Zelle dem Mottenaugen nachempfunden und dadurch die Energieausbeute wesentlich erhöht.

Seite 22

# 07

## Silbertextilien in der Waschmaschine

Silberbeschichtete, antibakterielle Textilien sind im Trend. Ein Empa-Team hat untersucht, wie sich unterschiedliche Silberbeschichtungen beim Waschen verhalten: Nano-beschichtete Textilien setzen weniger Nanopartikel im Abwasser frei als herkömmlich beschichtete.



## Empa-Sommercamp

Rund 20 Kinder von Empa-Mitarbeitenden nahmen am 11. Sommercamp teil. Neben Laborversuchen, wissenschaftlichen Bastelworkshops und verschiedenen Ausflügen bildete der Bau einer Brücke über den Chriesbach ein Highlight.

## Erfolgreiche Empa-Forscher

Um angewandte Forschung besser zu fördern, hat der Nationalfonds die Initiative «precoR» lanciert. Aus den 27 eingereichten Projekten werden sechs gefördert, drei davon unter der Leitung von Empa-Forschenden.

# 08

## Baubeginn fürs «NEST»

Mit einem feierlichen Spatenstich startete Ende August der Bau des modularen Forschungs- und Innovationsgebäudes «NEST» auf dem Empa-Campus in Dübendorf. Ende 2015 soll das «Rückgrat» des Gebäudes fertig sein; dann folgen die ersten Forschungsmodule.



## Nanoröhrchen auf «Nature»-Cover

Empa-Forschern ist es gelungen, Kohlenstoffnanoröhrchen mit identischer Struktur – und damit identischen elektronischen Eigenschaften – zu «züchten». Diese könnten künftig in ultrasensiblen Lichtdetektoren und Minitransistoren zum Einsatz kommen.

Seite 19

# 09

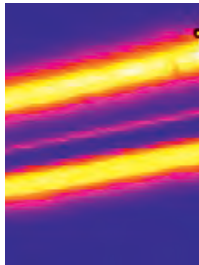
## Ozonloch hat sich stabilisiert

Der Empa-Forscher Stefan Reimann war als «Lead Author» massgeblich am jüngsten UN-Expertenbericht zum Zustand der Ozonschicht beteiligt, der am 10. September in New York vorgestellt wurde.

Seite 38

## Eine formbewusste Legierung

Ein verbogenes Brillengestell aus einer Formgedächtnislegierung kann sich durch Erhitzen von selbst wieder in die alte Form bringen. Empa-Forscher nutzten diese Materialien, um vorgespannten Beton für Anwendungen im Bauwesen herzustellen.



# 10

## Bundesrat am SCCER-Kick-off

Bundesrat Johann Schneider-Ammann informierte sich Anfang Oktober an der Empa über die Arbeiten im Rahmen des «Swiss Competence Center for Energy Research» für energieeffiziente Gebäude, das von Empa-Forschern geleitet wird.



## Schonender Koffein-Kick für Frühchen

Empa-Forscher haben eine aktivierbare Membran entwickelt, die Wirkstoffe schonend über die Haut abgibt. Dies könnte etwa Frühgeborenen Stress durch wiederholte Koffeinjektionen ersparen, um einen Atemstillstand zu verhindern.

Seite 12

## Navi aus dem Chemielabor

Empa-Wissenschaftler haben mit KollegInnen aus Ungarn, Schottland und Japan einen chemischen «Prozessor» entwickelt, der zuverlässig den kürzesten Weg durch ein Labyrinth weist – und dies erst noch schneller als ein normales Navi.

# 12

# 11

## Empa-Team in den USA geehrt

Die Empa-Forscher Artur Braun, Florent Boudoire, Rita Toth und Jakob Heier wurden von der US-Zeitschrift «Foreign Policy» in die Liste der «100 Leading Global Thinkers 2014» in der Sparte Innovation aufgenommen und in Washington im Beisein von US-Aussenminister John Kerry geehrt.



## Der ETH-Bereich als Energievorbild

Der ETH-Bereich, zu dem auch die Empa gehört, nimmt seine Rolle als Energievorbild wahr und unterstützt den Bund bei der Umsetzung der Energiestrategie 2050 – dies nicht nur durch Lehre und Forschung, sondern auch bei der Infrastruktur und im Betrieb.

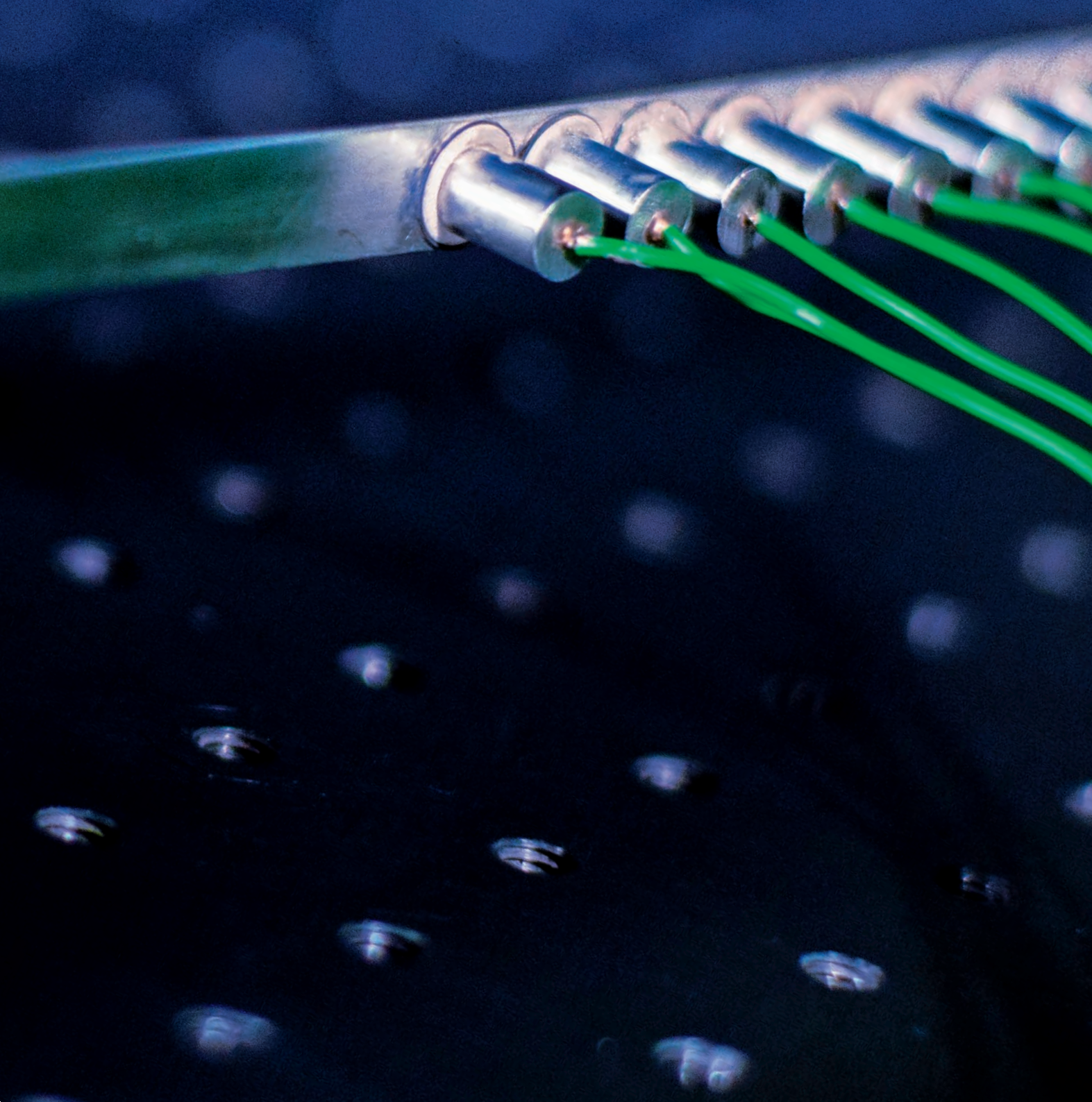
## Leitfaden für Umgang mit Nano

Der Leitfaden «LICARA», der in einem EU-Projekt unter Leitung der Empa erarbeitet wurde, soll KMU aller Branchen dabei unterstützen, Vor- und Nachteile von Nanomaterialien besser einschätzen und Entscheide zu deren Einsatz fällen zu können.

## Flammhemmer für Business-Jets

Eine neue Beschichtung schützt Flugzeug-Interieurs vor Feuer. Das Mittel ist nicht nur umweltfreundlicher als bisherige Flammhemmer, sondern auch schneller appliziert.









## 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. Die folgenden «Snapshots» aus den Labors geben einen Einblick in die vielfältigen Forschungsaktivitäten der Empa.

# Blutzuckermessen über die Haut – ganz ohne Blutentnahme

---

## 3

**Zentimeter Durchmesser hat der Sensor, der gänzlich ohne Blutentnahme den Blutzuckerwert über die Haut messen kann.**

---

Jedes zwölfte Kind in der Schweiz wird zu früh geboren. Bei diesen Frühchen ist eine Blutzuckerüberwachung entscheidend. Denn ist das Baby über eine Stunde unterzuckert, kann es zu Störungen in der Gehirnentwicklung kommen. Bei dieser Überwachung waren bis dato Blutentnahmen unvermeidbar. Eine regelmässige Blutentnahme über Stunden ist bei den sensiblen Kleinen jedoch unmöglich, zu gross wären Blutverlust und Stress. Die Empa und das Universitäts Spital Zürich haben daher während fünf Jahren zusammen in einem vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF) finanzierten Projekt den Sensor «Glucolight» entwickelt, der gänzlich ohne Blutentnahme den Blutzuckerspiegel über die Haut misst.

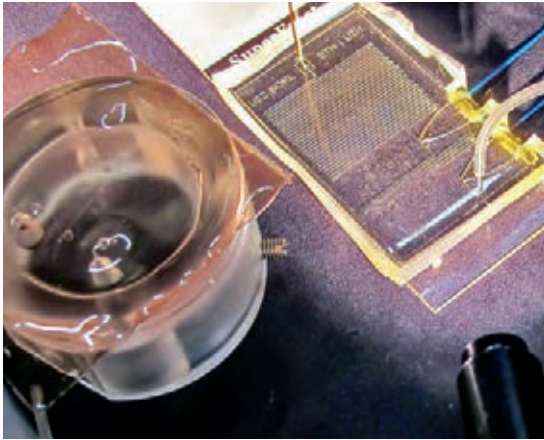
Zwar gibt es bereits Hautsensoren, diese müssen vor dem Gebrauch jedoch kalibriert werden. Und dazu muss der Permeabilitätswert der Haut bekannt sein. Um diesen zu ermitteln, bestimmt man über eine Blutprobe den Blutzuckerwert und misst gleichzeitig den Glukosegehalt auf der Haut. Mit diesen zwei Messwerten lässt sich die Permeabilität berechnen und der Sensor kalibrieren.

**Eine «smarte Membran» und ein Sensor machen es möglich**

«Glucolight» ist eine nicht invasive Methode zur Bestimmung des Blutzuckers, erspart so den Frühchen die bisher nötige Blutentnahme und ermöglicht gleichzeitig eine permanente Überwachung des Blutzuckerspiegels. Die neue Messtechnik des «Glucolight» macht dies möglich. Der rund drei Zentimeter grosse Sensor wird dem Baby für die Messung auf die Haut geklebt. Er ist an ein Fluorometer neben dem Babybett angeschlossen. Das Fluorometer erfasst die Messwerte und wertet sie aus. Der Sensor selber besteht aus einer von der Empa entwickelten «smarten» Membran und dem am Universitäts Spital Zürich entwickelten Messkopf und Fluorometer.

Die an der Empa hergestellte «smarte» Membran enthält lichtempfindliche funktionale Gruppen, sogenannte Spiropyrene, die der Membran die Eigenschaft verleihen, sich bei Bestrahlung mit UV-Licht zu öffnen. Dabei diffundieren deutlich mehr Glukosemoleküle von der Haut durch die Membran auf den dahinter liegenden Messkopf als bei Bestrahlung mit sichtbarem Licht. Über diese zwei unterschiedlichen Werte berechnet der Computer dann den Blutzuckerwert der Frühchen.





1

### **Die Forschung mit und an «Glucolight» geht weiter**

Die Patentanmeldung für «Glucolight» ist Mitte 2014 erfolgt. Im Laufe des Jahres 2015 sind die ersten klinischen Studien am Universitäts Spital Zürich geplant. Bis «Glucolight» standardmässig eingesetzt werden kann, dürfte es aber noch einige Jahre dauern. Zurzeit stehen die Empa und das Universitäts Spital Zürich in Verhandlungen mit Partnern für die industrielle Herstellung des Sensors. Die Forschenden können sich vorstellen, «Glucolight» in Zukunft auch in anderen Bereichen, etwa bei Diabetikern, einzusetzen.



2

1

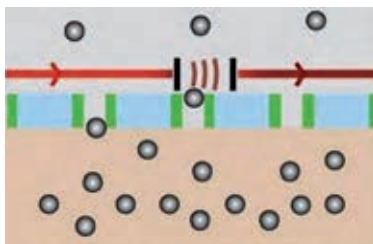
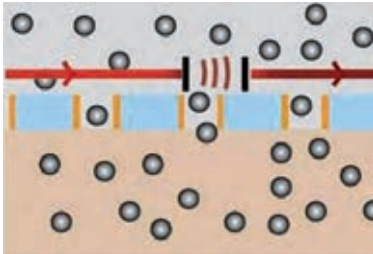
Die zwei Herzstücke des «Glucolight»: links der Messkopf mit der «smarten» Membran der Empa, rechts der Mikrofluidik-Chip, entwickelt vom Universitäts Spital Zürich.

2

Messkopf des «Glucolight» mit der «smarten» Membran.

3

Schematische Darstellung der Durchlässigkeit der «smarten» Membran (blau) bei sichtbarem Licht (unten) und bei UV-Licht (oben).



3

### Zweiter Einsatz im Koffeinpflaster für Frühchen

Im Zuge des Forschungsprojekts «Glucolight» entdeckten die Forscher eine weitere Anwendungsmöglichkeit für die Membran. Ihre «schaltbare» Durchlässigkeit lässt sich auch in umgekehrte Richtung nutzen: in einem Wirkstoffpflaster. Statt eines Messkopfs befindet sich hinter der Membran ein Wirkstoffdepot. Durch Bestrahlung mit UV-Licht wird die Membran durchlässiger, und der Wirkstoff wird schonend über mehrere Stunden über die Haut abgegeben. Ohne Bestrahlung hält die Membran den Wirkstoff im Depot zurück. So entwickelte die Empa zusammen mit dem Universitäts Spital Zürich ein Koffein-Pflaster gegen die bei Frühchen häufigen Atemstillstände. Das Pflaster wird auf die Haut der Babys geklebt und gibt dann Koffein während einiger Stunden kontinuierlich über die Haut an die kleinen Patienten ab, ohne dass diese durch eine Spritze empfindlich gestört werden müssen. //

# High-End-Bremsen für den Cinquecento?

Im Labor für Hochleistungskeramik reift ein ehrgeiziges Projekt heran: Keramikbrems scheiben für Kleinwagen. Unter der Leitung des «Politecnico di Torino» und zusammen mit dem spanischen Bremsenhersteller Fagor Ederlan, dem liechtensteinischen Löt spezialisten Listemann AG und dem Fiat Forschungszentrum C.R.F. soll die Empa eine neuartige Brems scheibe für massenproduzierte Kleinwagen entwickeln. Den schweizerisch-liechtensteinischen Forschungsanteil finanziert die Kommission für Technologie und Innovation (KTI).

Während heutige Brems scheiben aus schwerem, hitzebeständigem Gusseisen gefertigt sind, sollen die Scheiben der Zukunft aus leichtem Aluminium bestehen. Das spart Gewicht und damit Benzin. Zugleich verbessert sich das Fahrverhalten, weil die ungefederten Massen im Fahrwerk kleiner werden. Doch vor dem Erfolg der Leichtbaubremse gilt es, ein Materialproblem zu lösen: Aluminium, das gewünschte Baumaterial, ist weich und für hart zupackende Bremszangen nicht geeignet. Eine Keramikschicht muss daher die Aluminiumbrems scheiben schützen, die Reib-

arbeit übernehmen und die entstehende Hitze ableiten. Die Empa entwickelt dieses entscheidende Bauteil. Vollkeramikbremsen sind an sich nichts Neues. Im Sport- und Rennwagenbau werden sie seit langem eingesetzt. Nur – sie sind teuer. Für den Einsatz in preisgünstigen Kleinwagen scheint die Technik also kaum geeignet.

---

## 15

**Schichten hat das nur rund zwei Millimeter dünne Keramiklaminat, das die Empa für die neuen Brems scheiben entwickelt hat.**

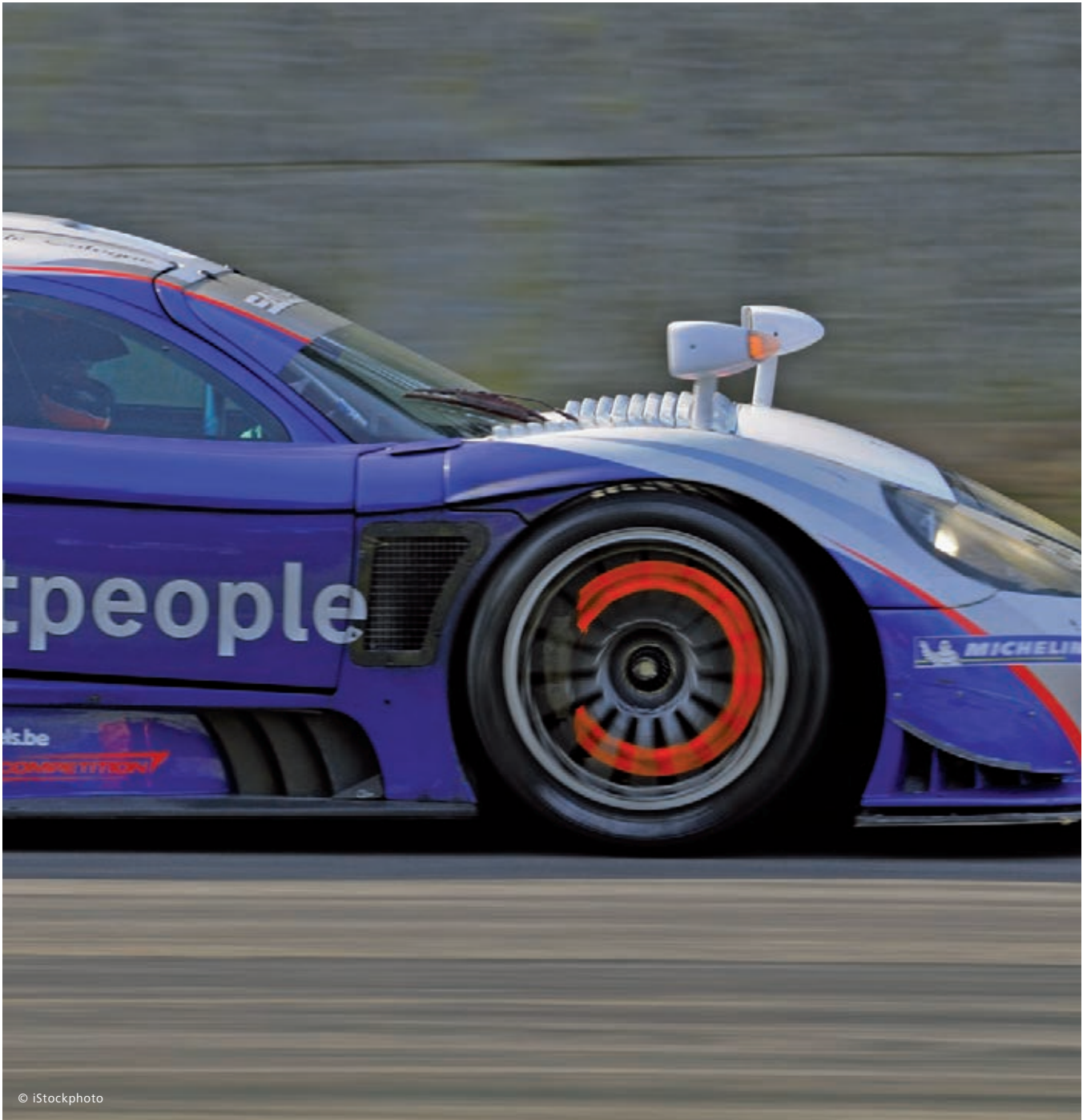
---

### **Mehrere technische Hürden auf einmal**

Das Konsortium geht daher einen anderen Weg: Die Bremse muss sich in grossen Stückzahlen rasch fertigen lassen, sie darf nicht teuer sein, und sie muss mindestens so lange halten wie bisher übliche Gusseisenbremsen. Nachdem das Empa-Team zahlreiche Keramiken getestet und analysiert hatte, blieb als passender Grundstoff nur

noch Aluminiumoxid. Der Stoff ist in vielerlei Keramikbauteilen, vom Wasserhahn bis zum Hüftgelenk, enthalten und erst noch preisgünstig zu haben.

Daraus konzipierten die Empa-Forscher ein Keramiklaminat. Zu den Aluminiumoxidschichten kommen Siliziumkarbid, um die Wärmeleitfähigkeit zu erhöhen, eine Deckschicht, um



den Verschleiss zu regulieren, und eine Haftschrift, mit der die Keramik auf die Alufläche gelötet werden kann. Jede der Schichten wird als Schlicker mit Wasser angerührt, dann auf eine Kunststoffolie aufgezogen. Schliesslich werden die Schichten zusammengepresst, der Kunststoff dazwischen herausgebrannt und die verschiedenen Schichten bei mehreren hundert Grad miteinander verbunden und verdichtet. Wie gut die vertikale Vernetzung funktioniert hat, zeigt sich dann unter dem Elektronenmikroskop.

### Keine Scheibe, sondern Kacheln

Das Team entschied sich, kleine Kacheln zu fabrizieren, die nebeneinander – wie Badezimmerkacheln – auf die Bremsscheibe aufgelötet werden. Der Grund: Bei Hitze dehnt sich Aluminium drei bis vier Mal mehr als die Keramik. Ein einteiliger Keramikbremsbelag würde also aufgrund von Spannungsrissen vom Aluminiumträger abfallen.

Doch auch mit kleinen Kacheln ist das Festlöten kein triviales Problem: Aluminium schmilzt bei knapp 700 °C, daher muss die Lötung bei tieferen Temperaturen geschehen. Trotzdem darf das Lot auch bei einer Notbremsung nicht weich werden, sonst fallen die Kacheln genau dann ab, wenn man

sie am nötigsten braucht. Forscher am Politecnico di Torino entwickeln unterdessen eine spezielle Fügetechnik zum Festlöten der Kacheln, die anschliessend von der Listemann AG in Vaduz industrietauglich gemacht wird. Der Bremshersteller Fagor Ederlan konzipiert das Bremssystem aus Aluminium und die nötigen Dimensionen der Bremsscheibe. Am Ende des Projekts, voraussichtlich im April 2015, steht eine Demoversion der «Forscher-Bremse», die dann auf Herz und Nieren getestet und anschliessend in ein Versuchsfahrzeug integriert werden kann. //



1  
Empa-Keramikforscher Jakob Kübler entwickelte das entscheidende Bauteil für die neuen Bremsen.



# Molekulares Saatgut für «sortenreine» Nanoröhrchen

**K**ohlenstoffnanoröhrchen (engl. carbon nanotubes, CNT) – winzige Röhrchen mit einer monoatomar dünnen Wand aus wabenförmig angeordneten Kohlenstoffatomen – gelten als Inbegriff der Nanomaterialien. Mit einem Durchmesser im Bereich eines Nanometers werden einwandige CNTs (engl. single-walled CNT, SWCNT) zu den Quantenstrukturen gerechnet; geringste strukturelle Unterschiede etwa im Durchmesser oder in der Ausrichtung des Atomgitters führen zu dramatischen Veränderungen der elektronischen Eigenschaften: Ein SWCNT kann metallisch sein, während ein in seiner Struktur leicht unterschiedliches halbleitend sein kann. Entsprechend gross ist das Interesse an zuverlässigen Methoden, um SWCNTs möglichst sortenrein herzustellen. Derartige Konzepte wurden zwar bereits vor gut 15 Jahren formuliert, doch erst jetzt gelang es Oberflächenphysikern der Empa und Chemikern des Max-Planck-Instituts für Festkörperforschung, eine dieser Ideen im Labor erfolgreich umzusetzen – finanziell unterstützt vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF).

Im Sommer 2014 beschrieben die Wissenschaftler in der renommierten Fachzeitschrift «Nature», wie es ihnen erstmals gelang, strukturell identische SWCNTs auf einer Platinoberfläche «wachsen» zu lassen und damit auch deren elektronische Eigenschaften eindeutig festzulegen.

Schon seit längerem untersuchten Empa-Forscher, wie sich Moleküle auf einer Oberfläche zu komplexen Nanostrukturen umformen beziehungsweise zusammenfügen lassen. Durch sogenannte Bottom-up-Synthese war es ihnen bereits in anderen Fällen – etwa bei Graphenbändern – gelungen, gezielt Nanostrukturen herzustellen. Die Herausforderung bestand nun darin, das geeignete Ausgangsmolekül zu finden, das auf einer glatten Oberfläche auch tatsächlich «keimte». Den

Kollegen vom Max-Planck-Institut in Stuttgart gelang es schliesslich, das passende Ausgangsmolekül zu synthetisieren.

## Molekulares Origami

Im ersten Schritt muss sich das planare Ausgangsmolekül – ähnlich wie beim Origami – zu einem dreidimensionalen Objekt,

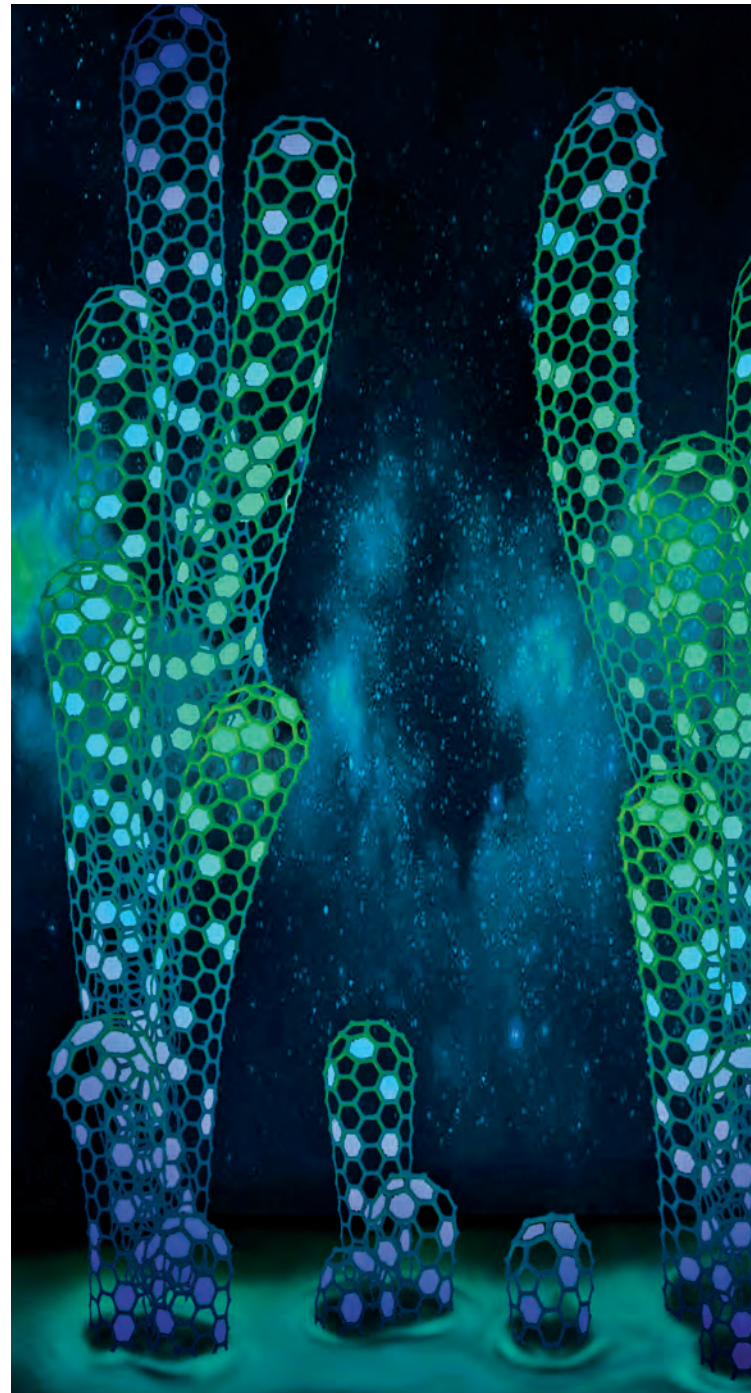
---

# 150

**Atome bilden das Kohlenwasserstoffmolekül – den «Keimling» –, aus dem die einwandigen Kohlenstoffnanoröhrchen wachsen.**

---

dem Keimling, umformen. Dies geschieht auf einer heissen Platinoberfläche, Pt(111), durch eine katalytische Reaktion, bei der sich unter Abspaltung von Wasserstoffatomen an ganz bestimmten Stellen neue Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindungen bilden. Aus dem flachen Molekül «faltet» sich der «Keim»: ein kleines, kuppelartiges Gebilde mit offenem Rand, das auf der Platinoberfläche sitzt. Diese sogenannte Endkappe bildet den «Deckel» des wachsenden SWCNT. In einem zweiten Schritt lagern sich weitere Kohlenstoffatome (aus der katalytischen Zersetzung von Ethylen,  $C_2H_4$ , auf der Platinoberfläche) an den offenen Rand zwischen Endkappe und Platinfläche und heben diese immer weiter an; das Röhrchen wächst langsam in die Höhe. Dabei bestimmt ausschliesslich der Keim die atomare Struktur des CNT. Dies konnten die Forscher durch eine Analyse der Schwingungsmodi der SWCNTs sowie Messungen im Rastertunnelmikroskop (STM) zeigen. Weitere Untersuchungen im neuen Raster-Heliumionen-Mikroskop (SHIM) an der Empa zeigten auch, dass die SWCNTs über 300 Nanometer lang werden können.





1

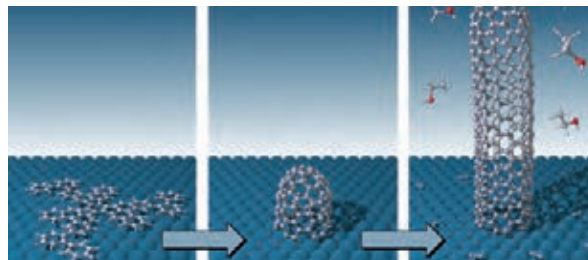
1 Aus Molekülen lassen sich Kohlenstoffnanoröhrchen für elektronische Anwendungen kontrolliert herstellen. Diese Erkenntnis schaffte es im August 2014 auf die Titelseite des renommierten Wissenschaftsmagazins «Nature».

2 Auf einer Platinoberfläche faltet sich der planare Kohlenwasserstoffvorläufer zu einer Endkappe. Diese bildet den Keim für das selektive Wachstum eines (6,6) Kohlenstoffnanoröhrchens.

### Es klappt!

Bei den so synthetisierten SWCNTs handelt es sich um spiegelbildlich symmetrische Gebilde. Je nachdem, wie sich das wabenartige Atomgitter aus dem Anfangsmolekül ableitet («gerade» oder «schräg» bezüglich der CNT-Achse), können aber auch nicht spiegelsymmetrische, schraubenartig gewundene, das heisst rechts- oder linksdrehende Röhrchen entstehen. Und genau diese Struktur bestimmt dann auch, welche elektronischen, thermoelektrischen und optischen Eigenschaften das Material besitzt. Die Forscher können also prinzipiell durch die Wahl des Ausgangsmoleküls gezielt Materialien mit unterschiedlichen Eigenschaften herstellen.

Als Nächstes wollen die Wissenschaftler noch besser verstehen, wie SWCNTs eine Oberfläche besiedeln. Auch wenn schon jetzt weit mehr als 100 Millionen Nanoröhrchen pro Quadratzentimeter auf der Platinoberfläche wachsen, entstehen doch nur aus einem vergleichsweise geringen Teil der Keime auch tatsächlich «ausgewachsene» Nanoröhrchen. Es stellt sich also die Frage, welche Prozesse dafür verantwortlich sind und wie sich die Ausbeute erhöhen lässt. //



2

# Künstliches Mottenaugen als Lichtfänger

**W**eltweit forschen Wissenschaftler an Solarzellen, die die Photosynthese der Pflanzen nachahmen und aus Sonnenlicht und Wasser synthetische Brennstoffe wie Wasserstoff bilden. Empa-Forscher haben in einem vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF) mitfinanzierten Projekt eine solche photoelektrochemische Zelle dem Mottenaugen nachempfunden und dadurch die Lichtausbeute drastisch erhöht. Die Zelle besteht aus billigen Grundstoffen: Eisen- und Wolframoxid.

Eisenoxid, also Rost, könnte die Solartechnik revolutionieren: Aus dem äusserst billigen – und meist unerwünschten – Stoff lassen sich Photoelektroden herstellen, die Wasser spalten und dadurch Wasserstoff erzeugen. So wird Sonnenenergie nicht erst in Elektrizität, sondern direkt in einen wertvollen Brennstoff umgewandelt. Leider hat das Ausgangsmaterial seine Tücken: Eisenoxid absorbiert zwar genau in dem Wellenlängenbereich, in dem die Sonne am meisten Licht aussendet. Doch es leitet elektrischen Strom sehr schlecht und muss daher immer in Form äusserst dünner Filme verarbeitet werden, damit die Wasserspaltung funktioniert. Der Nachteil: Diese dünnen Filme absorbieren zu wenig vom eingestrahnten Sonnenlicht.

---

## 30

**Nanometer dünn ist die Eisenoxidschicht, die die feinen Wolframoxidkügelchen bedeckt. Das Licht wird in den Wolframoxidkügelchen hin und her reflektiert und schliesslich vom Eisenoxid absorbiert.**

---

### **Mikrokügelchen fangen das Sonnenlicht ein**

Empa-Forschern ist es gelungen, dieses Problem zu lösen: Eine spezielle Mikrostruktur der Photoelektrode fängt das Licht buchstäblich ein und lässt es nicht mehr heraus. Die Grundlage für diese innovative Struktur bil-

den winzige Partikel aus Wolframoxid, das wegen seiner satten, gelben Farbe ebenfalls für Photoelektroden benutzt werden kann. Die gelben Kügelchen werden auf einer Elektrode aufgetragen und dann mit einer hauchdünnen (nanoskaligen) Schicht Eisenoxid überzogen. Fällt von aussen Licht auf die Partikel, wird es innen beliebig oft hin- und herreflektiert, bis schliesslich alles Licht absorbiert ist. Damit ist die gesamte Energie des Lichtes umgewandelt und steht für die Spaltung von Wassermolekülen zur Verfügung. Auf diese Weise erzeugt die Photozelle aus Wasser den ökologisch vorteilhaften und wirtschaftlich wertvollen Brennstoff Wasserstoff.

Im Grunde funktioniert die neu erdachte Mikrostruktur wie das Auge einer Motte: Die Augen von Nachtfaltern müssen viel Licht einsammeln – und dürfen so wenig wie möglich reflektieren, sonst wird der Falter von Raubtieren entdeckt und

1 Florent Boudoire testet die Ausbeute einer Photoelektrode im Sonnenlichtsimulator.

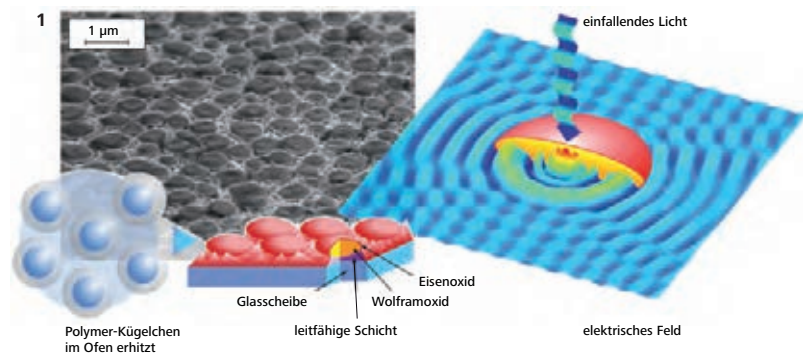


1

gefressen. Die Mikrostruktur dieser Augen ist speziell auf die Wellenlänge des Lichts angepasst. Die Photozelle der Empa nutzt den gleichen Effekt.

Um künstliche Mottenaugen aus Metalloxidkügelchen herzustellen, besprühten die Forscher eine Glasscheibe mit einer Suspension aus Kunststoffpartikeln, die in ihrem Inneren jeweils ein Tröpfchen Wolframsalzlösung enthielten. Die Partikel bedecken das Glas wie eine Schicht Murmeln, die dicht aneinanderliegen. Dann steckten sie das Ganze in den Ofen; der Kunststoff verbrennt, und aus den einzelnen Tröpfchen der Salzlösung entstehen die gewünschten Wolframoxidkügelchen. In einem weiteren Sprühvorgang wird diese Struktur mit Eisensalz überzogen und erneut im Ofen erhitzt.

Parallel zu ihren Experimenten haben die Forscher Modellrechnungen am Computer durchgeführt und das «Einfangen des Lichts» in den Kügelchen am Computer simuliert. Das Ergebnis der Simulationen stimmte mit den Versuchen überein. Es ist klar zu erkennen, wie viel das Wolframoxid zum Photostrom beiträgt und wie viel das Eisenoxid. In einem nächsten Schritt wollen die Forscher nun untersuchen, welche Effekte mehrere übereinanderliegende Schichten von Kügelchen auslösen können. //



1 So entsteht die «Mottenaugen-Solarzelle».

# Unendliche Weiten ... eine lange Reise für Empa-Technologie

Vor mehr als zehn Jahren startete die Raumsonde «Rosetta» ihre Reise ins Weltall mit dem Ziel, nicht nur ihren Zielkometen «67P/Churyumov-Gerasimenko» – kurz Tschuri – während eines Jahres zu begleiten, sondern erstmals überhaupt ein Landegerät («Philae») auf der Oberfläche eines Kometen abzusetzen – ein grosses Unterfangen und der ganze Stolz der «European Space Agency» (ESA). Mit an Bord sind hochkomplexe Empa-Sensoren aus Metallkeramik, eingebaut in zwei Massenspektrometer. Vor einigen Wochen ist die Sonde beim Kometen angekommen, und der Lander hat trotz Defekten in der Verankerungsmechanik erfolgreich auf der Oberfläche aufgesetzt. Kometen gelten als primitive Blöcke in unserem Sonnensystem und haben – so eine Theorie – möglicherweise Wasser oder sogar einfache Bauteile für Leben auf die Erde gebracht. Viele grundlegende Fragen zu diesen riesigen, aus Staub und Eis bestehenden Klumpen sind indes noch offen, und «Rosetta» wird dabei helfen, diese zu beantworten.

---

**26 400 000 000**  
**Kilometer legte «Rosetta» auf ihrer Reise von  
der Erde bis zu ihrer Zieldestination, dem  
Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko, zurück.**

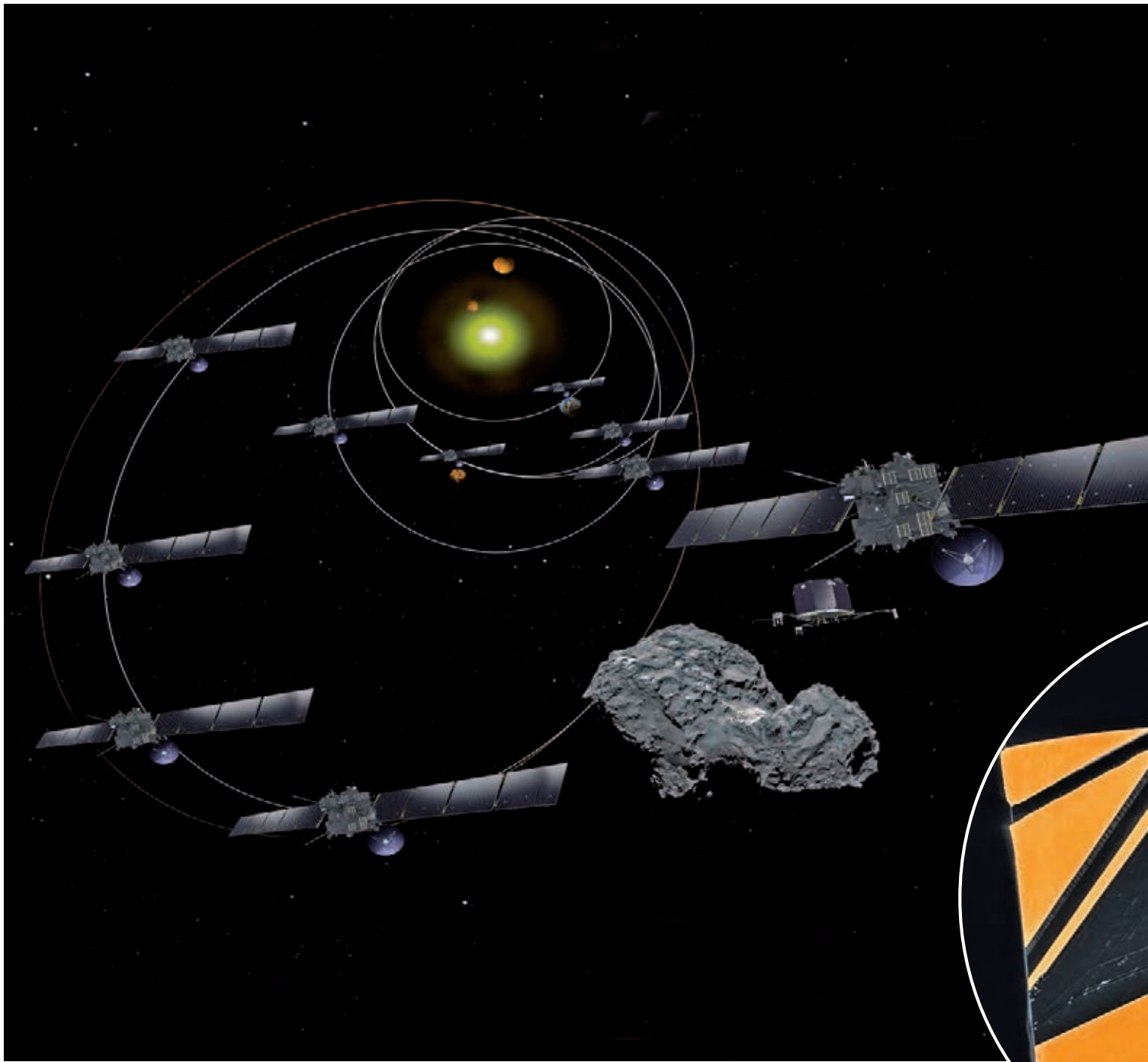
---

## Die Empa mit an Bord

Eine der zahlreichen Gerätschaften an Bord von «Rosetta» entstand unter Mithilfe der Empa. Die Instrumentengruppe ROSINA («Rosetta Orbiter Spectrometer for Ion and Neutral Analysis») wurde unter Leitung der Universität Bern entwickelt. Sie besteht

aus zwei Massenspektrometern, einem Drucksensor (der auch die Temperatur und Geschwindigkeit des Kometengases misst) sowie einer Datenverarbeitungseinheit. Die Berner Forschergruppe holte die Empa ins Boot, die die Entwicklung und Herstellung der ionenoptischen Sensoren für die beiden Spektrometer übernahm. Seit «Rosetta» den Kometen umkreist, liefert ROSINA bereits erste

Daten. Anhand der Zusammensetzung der gemessenen Gase konnte das ESA-Team zum Beispiel feststellen, dass der Kometenschweif nach faulen Eiern, Pferdeurin und Bittermandeln riecht. Und – was viel wichtiger ist: Das Wasser auf dem Kometen ist deutlich schwerer als das Wasser hier auf der Erde. Es ist also unwahrscheinlich, dass ein Komet wie Tschuri Wasser auf unseren Blauen Planeten gebracht hat.



1

2



1

Reise zum Kometen «67P/Churyumov-Gerasimenko». Durch seine zweigeteilte Form erinnert der Komet an eine Gummiente (Bild: ESA).

2

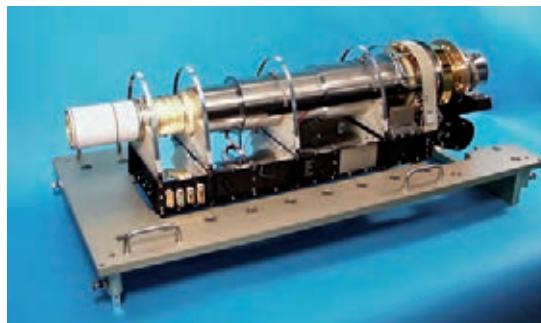
Am 25. Februar 2007 flog «Rosetta» am Mars vorbei. Dieses «Selfie» der Sonde wurde aus einer Distanz von 1000 Kilometern geschossen, kurz vor der Annäherung auf 250 Kilometer an die Marsoberfläche. Darauf zu sehen sind einer von «Rosettas» Solarflügeln sowie die nördliche Hemisphäre des Mars, auf der Details der Mawrth Vallis Region zu erkennen sind (Bild: ESA).

3

Kompakt und leicht: Das Flugzeitmassenspektrometer von «Rosetta» mit Empa-Ionenquellen (rechts) und -Reflektor (links) ist knapp einen Meter lang und wiegt rund 15 Kilogramm (Bild: Uni Bern).

### Erfolgreiche Prozessentwicklung

Um ein Messgerät wie ROSINA zu entwickeln, galt es, die Anforderungen der Berner Astrophysiker an ein multifunktionelles, «weltraumtaugliches» Produkt umzusetzen, das allerhöchsten Ansprüchen genügt: Ultraleicht, mechanisch robust, hochspannungsfest und hochpräzise sollte es sein. Die an der Empa entwickelten Methoden und Technologien waren derart erfolgreich, dass bald schon weitere Weltraumprojekte folgten. Zurzeit entwickeln die Empa-Forscher für die russisch-indische Mondmission «LUNA» einen neuen ionenoptischen Sensor für ein noch kleineres und leichteres Massenspektrometer; und für die europäisch-japanische Merkur-Mission «BepiColombo» fertigten die Empa-Ingenieure kürzlich ebenfalls hochkomplexe Baugruppen und Sensoren. //



3

# Schwämme aus Nanozellulose gegen Ölpest

**E**in neues, saugfähiges Material aus der Empa-Holzfor-  
schung könnte bei künftigen Ölkatastrophen helfen:  
Schwämme aus chemisch modifizierter Nanozellulose.

Der leichte Stoff saugt die Öllache auf, schwimmt auf dem Wasser und kann bequem eingesammelt werden. Empa-Forschern ist es zusammen mit Kollegen von der Universität Bordeaux gelungen, dieses Material zu entwickeln. Nanofibrillierte Zellulose (NFC), das Basismaterial für die Schwämme, wird aus zellulosehaltigen Stoffen wie Strohabfällen, Holzschliff oder Altpapier gewonnen, indem diese mit Wasser versetzt und der wässrige Brei entweder gemahlen oder unter hohem Druck durch enge Düsen gepresst wird. Es entsteht eine gelartige Suspension aus langen, feinen, untereinander verbundenen Zellulose-Nanofasern und Wasser.

## Ein selektiver Schwamm

Entzieht man dem Gel nun per Gefriertrocknung das Wasser, so entsteht ein Nanozelluloseschwamm. Das unbehandelte Material saugt Wasser und Öl gleichermaßen auf – es ist also

für den vorgesehenen Zweck noch untauglich. Den Empa-Forschern gelang es, die chemischen Eigenschaften der Nanozellulose in nur einem Verfahrensschritt zu verändern, indem sie dem Gel vor der Gefriertrocknung ein reaktives Alkoxysilan zusetzten. Dadurch verliert die Nanozellulose ihre hydrophilen Eigenschaften, wird nicht mehr von Wasser benetzt und verbindet sich nur noch mit öligen Substanzen.

---

# 50

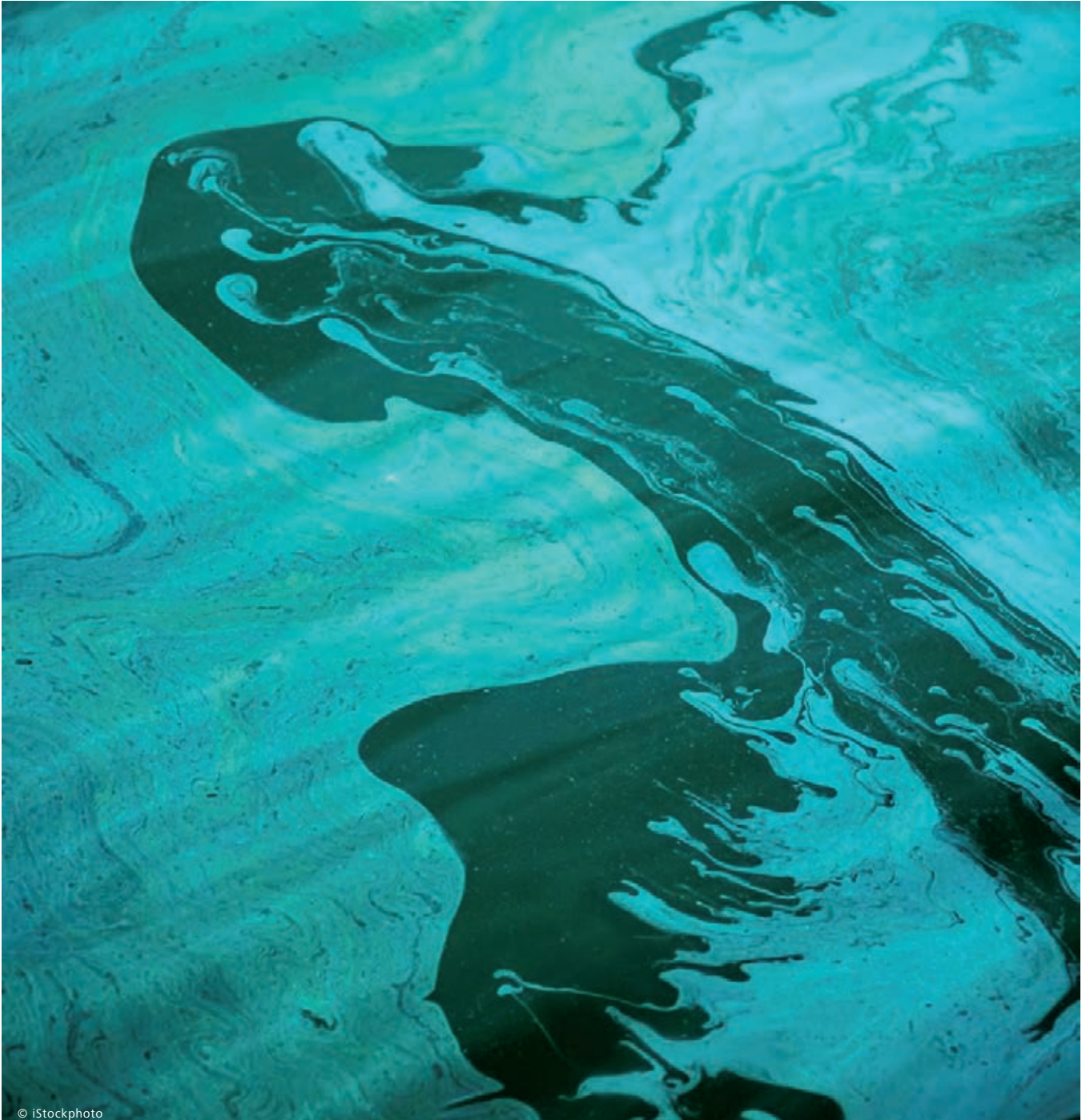
**Mal ihr Eigengewicht können die Schwämme aus Nanozellulose aufsaugen und bleiben dabei in Form.**

---

## Für den Markt vorbereiten

Im Labor saugte der «silylierte» Schwamm aus Nanozellulose innerhalb von Sekunden das 50 bis 100-Fache

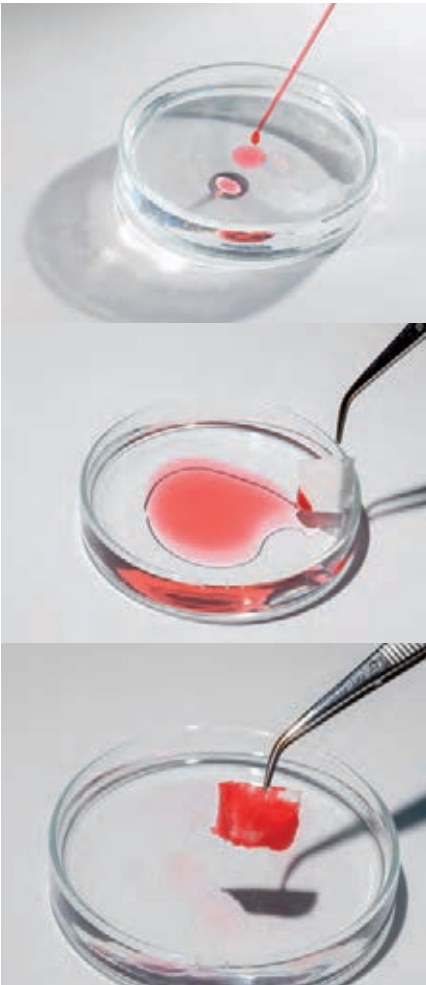
seines Eigengewichts an verschiedenen Testsubstanzen wie Motoröl, Silikonöl, Ethanol, Aceton oder Chloroform auf. Nanofibrillierte Zelluloseschwämme vereinen damit mehrere wünschenswerte Eigenschaften: Sie sind extrem saugfähig, schwimmen auch im vollgesogenen Zustand auf dem Wasser und sind dazu biologisch abbaubar. Nun gilt es, die Schwämme weiterzuentwickeln, um sie nicht nur im Labor, sondern bei echten Unglücksfällen einsetzen zu können. Ein Schweizer Industriepartner konnte bereits ins Boot geholt werden. Dieser



#### Kontakt

Dr. Tanja Zimmermann  
tanja.zimmermann@empa.ch

Dr. Philippe Tingaut  
philippe.tingaut@empa.ch



1

sucht nun nach einer Methode, die Nanozellulose in grösserem Massstab zu produzieren, damit einer industriellen Herstellung und Vermarktung nichts mehr im Wege steht. Auch auf Anwenderseite steht die Empa bereits in Kontakt mit verschiedenen Partnern, die grosses Interesse am Produkt zeigen. //



2

**1**  
Ein Stück des Nanozelluloseschwamms bei Versuchen: Die rote Flüssigkeit ist Öl auf einer Wasseroberfläche; dank der neuen Eigenschaften saugt der Schwamm nur das rote Öl auf.

**2**  
Bisher wurde der Nanozelluloseschwamm nur im Labor getestet. Nun sollen die Schwämme im industriellen Massstab produziert werden.

# Ein Blech, das niemals scheppert

Forschern der Empa, der ETH Zürich und des Georgia Institute of Technology ist es gelungen, einen Prototyp eines Materials herzustellen, bei dem sich die Ausbreitung von Schwingungen gezielt kontrollieren lässt. Dies könnte die Welt der Mechanik grundlegend verändern. Das mechanische Bauteil mit programmierbaren Eigenschaften soll es in Zukunft möglich machen, auf Knopfdruck Schwingungen insgesamt zu dämpfen oder aber nur bestimmte Frequenzen weiterzuleiten. In einem ersten Schritt dazu haben die Forscher mit einer eindimensionalen Modellkonstruktion die besonderen Fähigkeiten des «programmierbaren» Materials bewiesen. Das aus Aluminium bestehende Modell ist rund ein Meter lang, einen Zentimeter breit und einen Millimeter dick. Um die Schwingung zu kontrollieren, sind zehn kleine Aluzylinder (7 Millimeter dick, 1 Zentimeter hoch) auf dem Metall befestigt. Zwischen Blech und Zylindern befinden sich Piezoscheiben, die elektrisch angeregt werden können und dann blitzschnell ihre Dicke verändern. Dadurch können die Forscher genau kontrollieren, ob und wie sich Schwingungen im Blechstreifen ausbrei-

ten. Aus dem Aluminiumstreifen ist so ein sogenannter adaptiver phononischer Kristall geworden, ein Werkstoff, der seine Eigenschaften gezielt verändern kann.

---

## 0,01

**Millimeter nur heben und senken sich die Piezo-Elemente. Doch das genügt, um Schwingungen im Blech gezielt zu tilgen oder zu modulieren.**

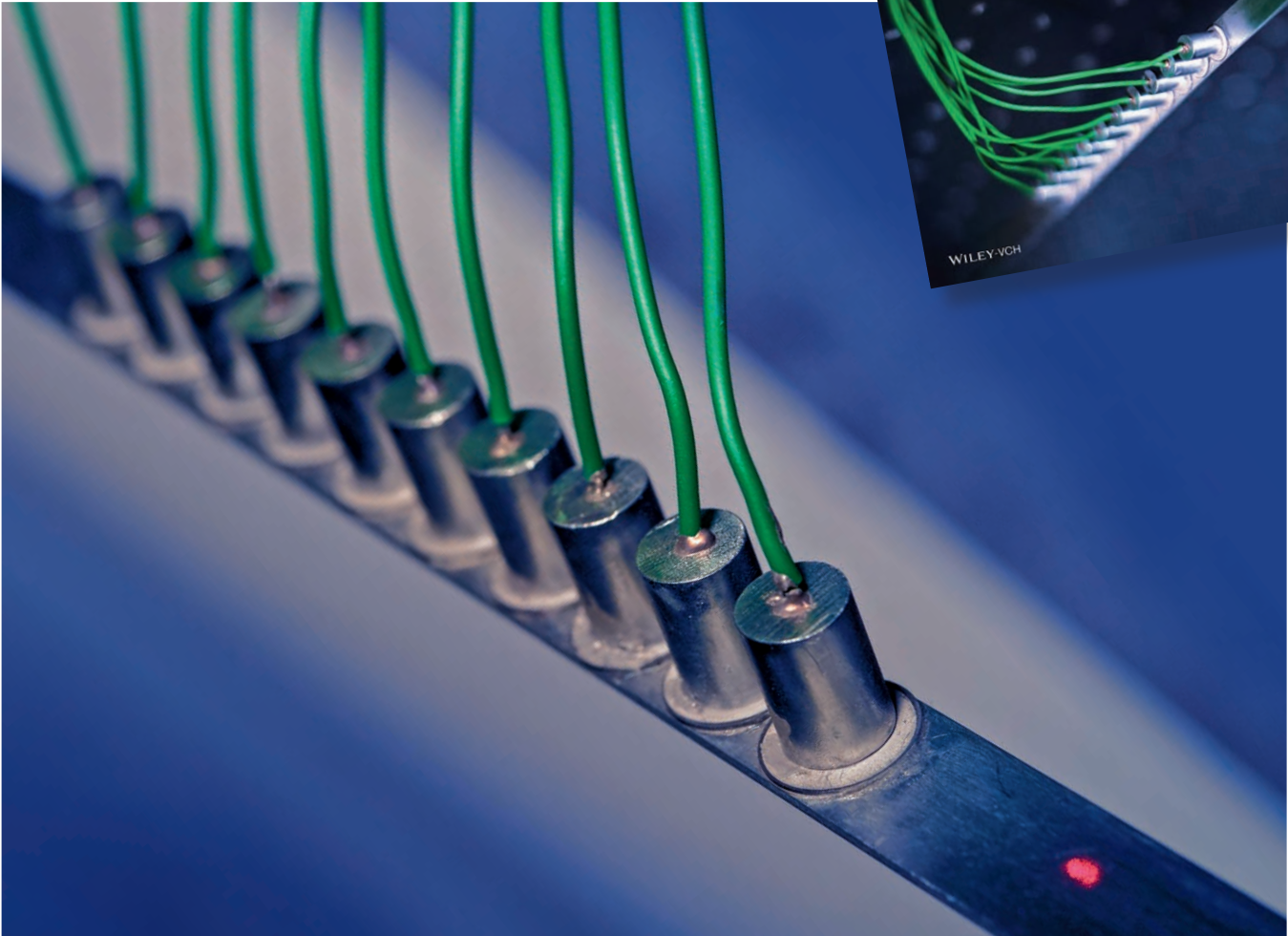
---

### **Anpassung an momentane Vibrationen**

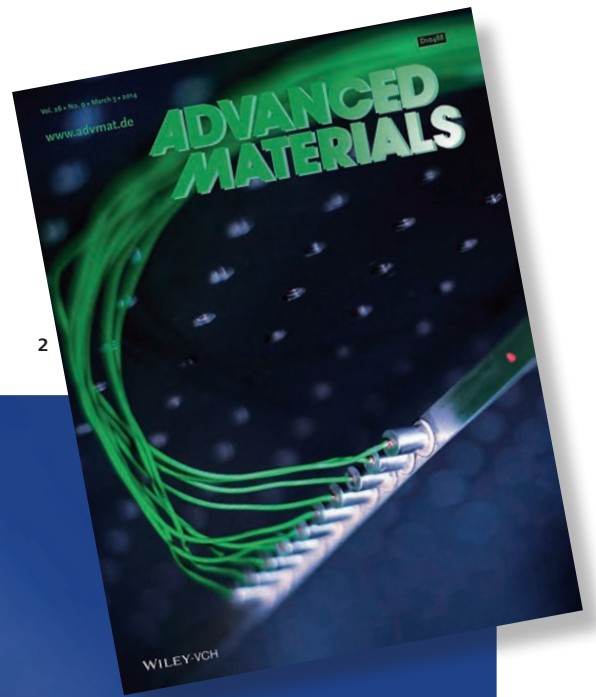
Die Piezosteuerung kann so eingestellt werden, dass sich Schwingungen im Blechstreifen völlig ungehindert ausbreiten. Oder sie wird so eingestellt, dass ein gewisses Frequenzspektrum der Wellen gedämpft wird. Diese Dämpfung lässt sich ausserdem noch variieren – denn die Piezoelemente können in Bruchteilen von Sekunden ihre elastischen Eigenschaften ändern – von weich bis steif. Ein

attraktiver Aspekt daran: Schneidet man das Blech in zwei Teile, haben beide Teile dieselben Wellenausbreitungseigenschaften, sprich: Die Wellen breiten sich in beiden Teilen weitgehend gleich aus. Natürlich könnte diese Methode auch auf dreidimensionale Bauteile angewendet werden. Das «programmierbare» Material könnte also den Maschinen- und Anlagenbau revolutionieren. Denn bisher mussten die Schwingungs-

1



2



1

Die zehn kleinen Aluminiumzylinder sind 7 Millimeter dick und 1 Zentimeter hoch. Zwischen ihnen und dem einen Meter langen Blech befinden sich Piezoelemente, die ihre elastischen Eigenschaften blitzschnell verändern können.

2

Das Cover des internationalen Fachjournals «Advanced Materials» vom 5. März 2014 zeigt die Erfindung.

3

Der Empa-Wissenschaftler Andrea Bergamini mit dem Modell eines «programmierbaren» Materials.

eigenschaften bei der Konstruktion der Struktur im Voraus bestimmt werden. In Zukunft könnte das Material auf jegliche Art von Vibrationen umgehend reagieren und seine Schwingungseigenschaften sofort entsprechend anpassen. Eine Anlage wäre damit deutlich stabiler und zugleich einfacher zu konstruieren.

### Noch ein weiter Weg

In einem Folgeprojekt soll nun die Programmierbarkeit des Prototyps erweitert werden. Bislang hat jedes Piezoelement alleine, unabhängig von seinem Nachbarn, auf Schwingungen reagiert. In einem nächsten Schritt wollen die Forscher die Elemente miteinander verschalten, um sie gemeinsam beziehungsweise koordiniert ansteuern zu können. //



3

Sind die Nadeln der Industrienähmaschine auch noch so dünn, sie hinterlassen Löcher im «textilen Flächengebilde». Um zu verhindern, dass die Naht einer Outdoorjacke Nässe durchlässt, werden die Nahtstellen in der Industrie in einem zweiten Arbeitsgang verklebt. Die Empa hat nun eine Prozesstechnik weiterentwickelt, mit der Textilien in einem einzigen Arbeitsschritt absolut dicht verschweisst werden können. Das Prinzip dazu stammt aus der Metall- und Kunststoffindustrie: Ein Diodenlaserstrahl erhitzt die Textilschichten so stark, dass sie punktuell schmelzen und sich die Polymerketten auf molekularer Ebene miteinander verbinden.

## Herausforderungen und Lösungen

Damit die perfekte Verschmelzung gelingt, dürfen die ultradünnen Textilien oder Membranen vom Laser allerdings nicht zu stark erhitzt werden. Eine weitere Herausforderung: Der Laserstrahl scheitert an manchen schwarzen Materialien. Was das menschliche Auge als schwarz – also Licht absorbierend – wahrnimmt, ist für den im Infrarotbereich arbeitenden Laser nahezu transparent.

---

## 270

**Grad Celsius ist die Höchsttemperatur, auf die das laminierte Gewebe mit dem Diodenlaser aufgeheizt wurde. Anschliessend bestimmen die Ingenieure Schmelzpunkte und Kristallisationsenergie der Textilien.**

---

Textilingenieure der Empa variierten in einem von der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) geförderten Projekt sämtliche Parameter des Prozesses, um die besten Kombinationen und Einstellungen für das industrielle Laserschweissen herauszufinden. Sie evaluierten dazu verschiedene thermoplastische Polymergewebe und Schichtdicken und ermit-

telten dazu den jeweils optimalen Energieeintrag des Lasers. So wurde ein Schweissverfahren entwickelt, das Gewebe mit bis zu 10 Mikrometer dünnen Membranen aus Polyester oder Polyurethan dauerhaft und dicht miteinander verbindet.

Die Empa-Forscherinnen und -Forscher entwickelten zusammen mit ihren Industriepartnern Leister Technologies AG in Kägiswil, Unico Swiss Tex GmbH in Alpnachstad, Schips AG in Tübach, Schoeller Textil AG in Sevelen, Serge Ferrari Tersuisse SA in Emmenbrücke sowie der Schweizer Textilfachschule Zürich zwei Diodenlaser-Schweissanlagen: zum einen eine Lasernähmaschine, mit der quasi endlos gefügt werden kann, und zum anderen eine Anlage, mit der sowohl in der X- als auch der Y-Richtung komplexe Strukturen gefügt werden können.

1

Projektleiter Alexander Haag am Forschungslaser: Das Ziel ist, 10 Mikrometer dünne Membranen dauerhaft und dicht miteinander zu verbinden.





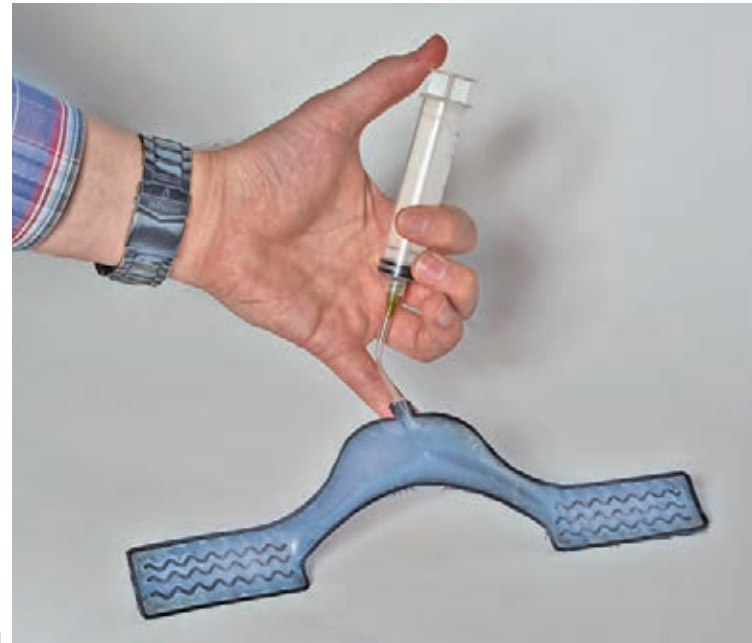
1

### Neue Füge­technologie eröffnet neue Möglichkeiten

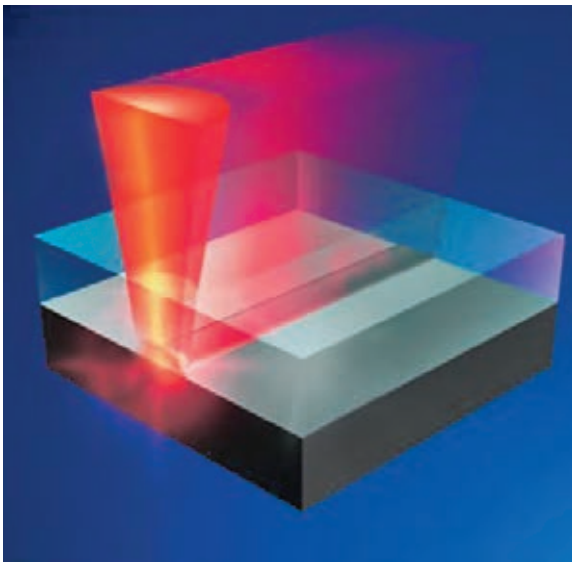
Da das Laserschweißen enger mit dem rechnerunterstützten Konstruieren verwandt ist als mit einer herkömmlichen Nähmaschine, ist die Ausführung – so wie beim technischen Konstruieren – sehr genau steuerbar. Mit dem Laserschweißen lassen sich auch komplizierte, kurvige Schweissnähte und sogar 3-D-Gebilde erstellen. Diese sind etwa nötig, wenn Ventile geplant sind, um Wasser zwischen zwei Strukturen einzubringen. Dies etwa dort, wo Kühl­pads mit wasser­gefüllten Zwischenräumen versehen werden sollen.

Durch das gezielte Laserschweißen lassen sich neu auch Lamine mit definierten physikalischen Eigenschaften erschaffen: Sie sind in der Lage, Wasserdampf stärker oder schwächer zu absorbieren, können Feuchte während einer bestimmten Dauer speichern und nach Wunsch und Zweck – etwa als Kühl­pflaster – dosiert wieder abgeben. Die Laminierung ist dabei so stabil, dass sie mehrere Meter Wasserdruck aushält.

Dank dieses Know-hows entwickelten die Forschenden der Empa in einem weiteren KTI-Projekt zusammen mit der Universität Basel und Unico Swiss Tex GmbH einen EKG-Gurt mit aufgeschweissten, befeucht­baren Elementen zur Langzeitüberwachung von Herz-Kreislauf-PatientInnen. Er ist speziell für ältere Personen konzipiert, da diese nicht mehr so viel schwitzen. Der hautfreundliche EKG-Gurt mit einer Silber-Titan-Be-



1



2

schichtung kann mehrere Tage ohne Hautirritationen getragen werden. Die textilen Elektroden lassen sich von der hautabgewandten Seite her durch destilliertes Wasser befeuchten, das in ein kleines, lasergeschweißtes Reservoir gefüllt wird. Die geregelte Befeuchtung der Haut ermöglicht es der Messelektronik, die EKG-Signale störungsfrei aufzuzeichnen. //

1

Das Befeuchtungspad des EKG-Gurts wird über ein Ventil mit Wasser befüllt.

2

So funktioniert es: Die oberste Schicht des Materials muss für das Licht des Diodenlasers transparent sein, die untere Lage muss das Laserlicht absorbieren. So entsteht eine punktgenaue Erhitzung. Durch zugleich angewandten Druck werden die Textillagen dann verschweisst.

# Die Suche nach den Ozonzerstörern

**N**och immer zerstören Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) die Ozonschicht. Ausserdem heizen Industriegase mit extrem hohem Treibhauspotenzial die Erdatmosphäre auf. Doch die Verursacher bleiben nicht unentdeckt: Atmosphärenforscher der Empa spüren mit hochempfindlichen Geräten den schädlichen Gasen nach und identifizieren mit Hilfe von Meteodaten die Quellen der Belastung.

Die Rettung der Ozonschicht begann 1987. In einem internationalen Abkommen – dem Montreal-Protokoll – verpflichteten sich 197 Länder dazu, die schlimmsten Ozonkiller zu verbieten: Treibgase in Spraydosen und Kunststoffschäumen, Kühlmittel, Feuerlöschgase. Es hat funktioniert, wie jüngste Modellrechnungen zeigen. Etwa um 2050 dürfte die Ozonschicht über der Südhalbkugel wieder so dicht sein wie im Jahr 1980 – falls wir weiterhin auf die Ozon zersetzenden Substanzen aufpassen.

Empa-Forscher untersuchen, welche Stoffe der Ozonschicht aktuell besonders zusetzen. Als Grundlagen dienen ihnen die Daten des weltweiten AGAGE-Netzwerks – «Advanced Global

Atmospheric Gases Experiment». Die Schweizer Messstation steht in 3580 Metern Höhe auf dem Jungfraujoch, die irische in Mace Head an der Atlantikküste, die norwegische am Ny-Ålesund auf Spitzbergen.

Alle zwei Stunden «atmen» diese Geräte zwei Liter Luft aus ihrer Umgebung und ziehen sie durch einen auf  $-170^{\circ}\text{C}$  gekühlten Aktivkohlefilter. Anschliessend wird der Filter erhitzt und die eingefangenen chemischen Substanzen gelangen in einen Gaschromatographen mit Massenspektrometer. So lässt sich jede Substanz dank ihres Molekulargewichts eindeutig identifizieren.

---

## 39 000

**Tonnen des Ozonkillers Tetrachlormethan werden noch heute pro Jahr in die Atmosphäre entlassen, obwohl diese Substanz seit Jahren weltweit verboten ist.**

---

### **Ein Ozonkiller, den es (in diesen Mengen) nicht mehr geben dürfte**

Jüngst wunderten sich die Empa-Forscher wieder einmal: Tetrachlormethan, eine süsslich riechende Flüssigkeit mit einem Siedepunkt von  $77^{\circ}\text{C}$ , die früher in Feuerlöschern und als Entfettungsmittel in Werkstätten und chemischen Reinigungen benutzt wurde, nimmt in der Atmosphäre viel langsamer ab



© iStockphoto

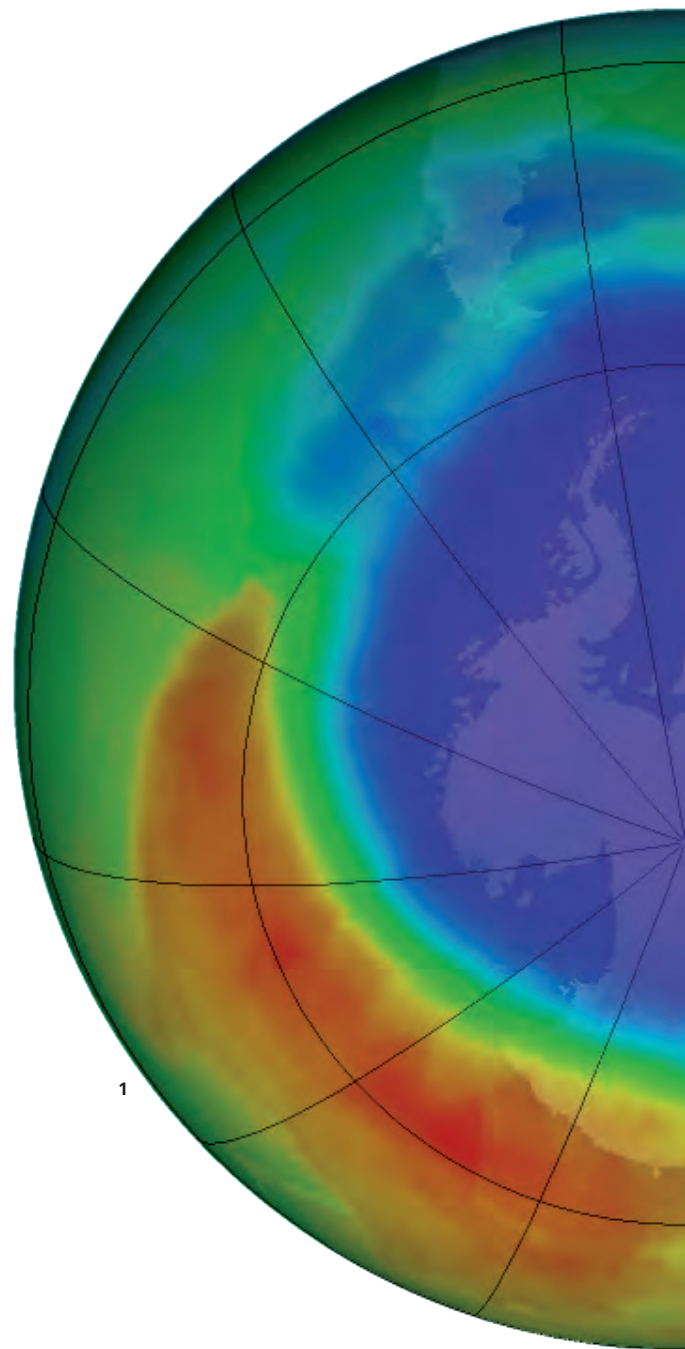
als erwartet. Normalerweise müsste der Stoff in der Atmosphäre um rund vier Prozent pro Jahr zurückgehen. Das geschieht aber nicht, wie die Forscher aus ihren Daten lesen konnten. Die Konzentration sinkt nur um rund ein Prozent jährlich. Irgendwoher kommt also neues Tetrachlormethan nach; die Forscher schätzen an die 39 000 Tonnen pro Jahr.

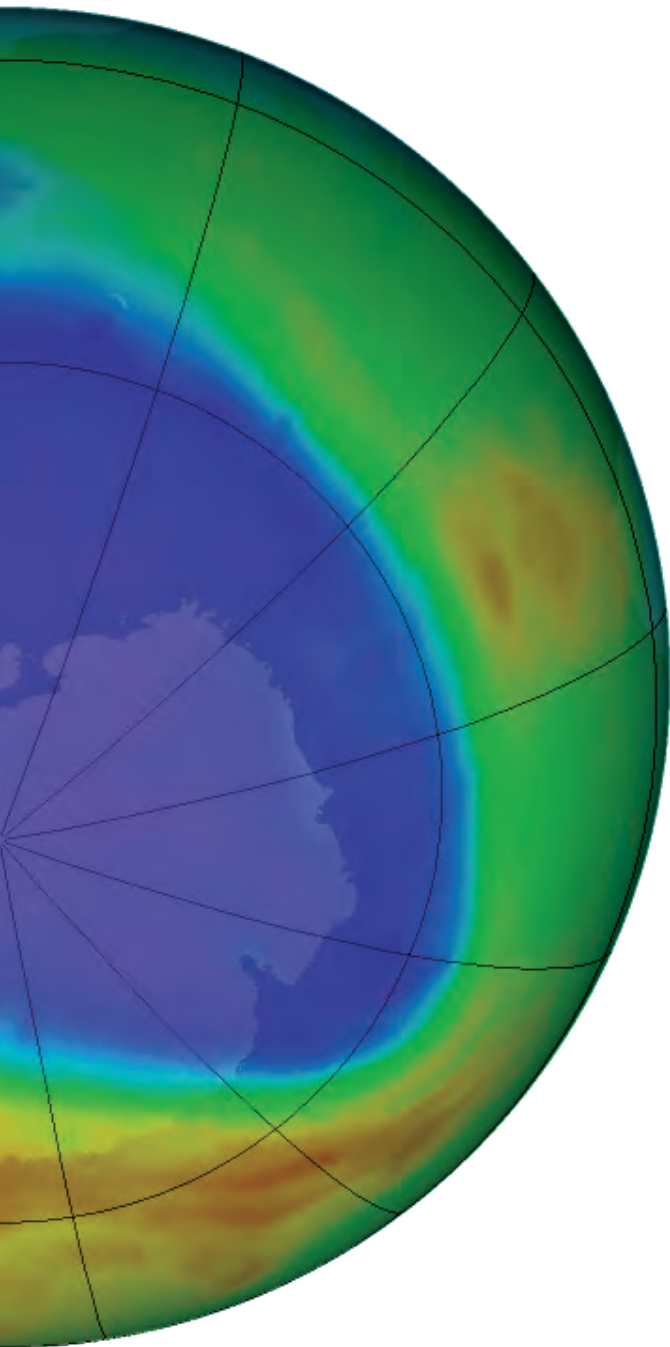
#### **Quellensuche in der Atmosphäre**

Immer dann, wenn auf dem Jungfraujoch hohe Konzentrationen gemessen werden, gleichen die Empa-Forscher die auffälligen Peaks ihrer Messungen mit meteorologischen Daten ab. Die Windströmungen während der Messung verraten, an welchem Ort der Stoff in die Luft gelangte. Schnell war klar: In Europa liegt die Schadstoffquelle für Tetrachlormethan nicht. Doch die Daten des AGAGE-Messnetzes lieferten einen Hinweis: Eine Station in Südkorea zeigte deutliche Peaks, was die Herkunft eines grossen Teils der Emissionen aus Asien wahrscheinlich macht.

#### **Daten gehen ans Bundesamt für Umwelt**

Damit die neusten Erkenntnisse über den Zustand und die Chemie unserer Atmosphäre auch in Politik und Öffentlichkeit zur Kenntnis genommen werden, schreiben die Empa-Experten mit ihren internationalen Kollegen regelmässig Artikel in Fachzeitschriften und liefern die Daten ans Bundesamt für Umwelt





1

Das Ozonloch schrumpft – und wird weiter überwacht. So sah es am 18. September 2014 aus (Bild: Nasa).

2

Atmosphärenforscher Stefan Reimann analysiert Daten der Messstation Jungfraujoch und des globalen AGAGE-Netzwerks.

#### Kontakt

Dr. Stefan Reimann  
[stefan.reimann@empa.ch](mailto:stefan.reimann@empa.ch)

---

(BAFU), das die Messungen auch finanziell unterstützt. Dort werden die Beobachtungen der Empa mit den offiziellen Emissionsangaben der beteiligten Länder verglichen. In den nächsten Verhandlungsrunden über Anpassungen des Montreal-Protokolls könnten diese Ergebnisse dann einfließen. Regelmässig verfassen die Forscher auch Berichte für die World Meteorological Organization (WMO) in Genf. Der jüngste Beitrag stammt vom September 2014. Darin warnt die WMO vor einem wachsenden indirekten Einfluss der Klimagase Lachgas, Methan und Kohlendioxid auf die Ozonschicht. Das Problem ist also noch nicht endgültig gelöst. //



2

# Empa-Technologie für langlebige Bandscheibenimplantate

**B**andscheibenvorfälle sind äusserst schmerzhaft. Oft folgt darauf ein operativer Eingriff, bei dem die Wirbelsäule an der betroffenen Stelle versteift werden muss, was die Bewegungsfreiheit der Patienten einschränkt. Bewegliche Implantate sind zwar bei Hüften und anderen Gelenken bereits seit längerem im Einsatz, doch müssen sie aufgrund des mechanischen Abriebs nach einigen Jahrzehnten ersetzt werden. Da beim Ausbau des Implantats jedoch jedes Mal Knochenmaterial verloren geht, muss das neue Gelenk mehr Knochen ersetzen und ist daher grösser als sein «Vorgänger». Bei Bandscheiben war das bis jetzt kaum möglich; zu nahe liegen sie an Nervenbahnen im Rückenmark, die bei einer nochmaligen Operation beschädigt werden könnten. Forschenden der Empa ist es nun gelungen, bewegliche Bandscheibenimplantate so zu beschichten, dass sie keinerlei Abrieb zeigen und somit ein Leben lang halten.

## Was macht künstliche Gelenke haltbar?

Die Lebensdauer von künstlichen Gelenken zu erhöhen, war und ist ein Ziel, das verschiedene Hersteller in der Vergangen-

---

# 100

**Millionen Zyklen, also ungefähr 100 Jahre Bewegung, wurden in einem eigens für die neuen Bandscheibenimplantate konstruierten Gelenksimulator nachgestellt. Ergebnis: keinerlei Abrieb.**

---

der DLC-Beschichtung selber herrührte, sondern durch Korrosionsprozesse am Haftvermittler zwischen der DLC-Schicht und dem Metallkörper verursacht wurde. Diese Schicht bestand bislang aus einer Siliziumverbindung und korrodierte im Laufe der Jahre, was zum Abplatzen der Schicht, einem stärkeren Abrieb und als Folge davon zu Knochenschwund führte. Das Ziel war es nun, einen Haftvermittler zu finden, der nicht korrodiert und so ein Leben lang im Körper hält.

## Bandscheiben als erster Schritt

Nach aufwändigen Abklärungen fiel die Wahl auf Haftvermittlerschichten auf Basis von Tantal. Getestet wurde diese Beschichtung an einem «Total Disc Replacement», einem beweg-

heit mit einer superharten Beschichtung aus diamantartigem Kohlenstoff (engl. diamond-like carbon, DLC) erreichen wollten – leider mit katastrophalen Folgen: Rund 80 Prozent aller DLC-beschichteten Hüftgelenke versagten innerhalb von nur acht Jahren. Forschende der Empa-Abteilung «Nanoscale Materials Science» nahmen sich des Problems an und fanden heraus, dass das Implantatversagen nicht von

1

Die Empa-Forscherin Kerstin Thorwarth mit dem Bandscheibenimplantat mit Tantal-Haftvermittler.





1

#### Kontakt

Dr. Kerstin Thorwarth  
kerstin.thorwarth@empa.ch

Dr. Roland Hauert  
roland.hauert@empa.ch

lichen Bandscheibenimplantat. Die künstliche Bandscheibe hielt dem Langzeitbelastungstest stand und blieb ohne Abrieb und Korrosion vollständig einsatzfähig. Da sich Tantal als «DLC-Klebstoff» so gut bewährt hat, soll der neue Haftvermittler in Kombination mit DLC-Beschichtungen bald auch bei anderen Implantaten zum Einsatz kommen. //



1

Drei Bandscheibenimplantate: rechts das unbeschichtete Implantat, in der Mitte das mit DLC beschichtete Implantat mit ungenügendem Haftvermittler und dementsprechender Korrosion und links das von der Empa optimierte und stabile, DLC-beschichtete Implantat.

# Solarzellen drucken wie eine Zeitung?

**F**lexible Solarzellen sind eine Schlüsseltechnologie, um in Zukunft mehr Solarenergie zu noch günstigeren Preisen in Elektrizität umwandeln zu können. Die Empa forscht mit mehreren Arbeitsgruppen an dieser Aufgabenstellung.

Eine dieser Forschergruppen beschäftigt sich mit Solarzellen auf Basis organischer Farbstoffe und konnte nun – zur Halbzeit ihrer Forschungsaktivitäten – einen ersten funktionsfähigen Prototyp präsentieren. Die Gruppe ist Teil des EU-Projekts «Transparent Electrodes for Large-Area Large-Scale Production of Organic Optoelectronic Devices» (TREASORES), das von der Empa aus koordiniert wird. TREASORES startete im Jahr 2012 mit einem Budget von mehr als 14 Millionen Euro und zielt darauf ab, grosse Solarzellen oder Beleuchtungskörper (OLEDs) mit Hilfe eines Roll-to-Roll-Prozesses herzustellen. Die Solarzellen könnten also auf grosse Rollen gedruckt werden – ähnlich wie eine Tageszeitung. Das würde die Herstellung deutlich verbilligen und den Einsatz von Solarzellen auch auf bislang unwirtschaftlichen Flächen rentabel machen.

Die wichtigste Voraussetzung für eine flexible Solarzelle ist eine biegsame, transparente Elektrode, die Strom leitet, zugleich aber genügend Licht durchlässt. Beim TREASORES-Projekt geht es vor allem um diese entscheidende Technologie.

Das biegsame Substrat muss mehrere Anforderungen zugleich erfüllen: Es muss die organischen Halbleiter der Solarzelle während der ganzen Lebenszeit luft- und wasserdicht abschirmen, Strom leiten und dabei möglichst wenig elektrischen Widerstand erzeugen. Ausserdem sollte sich das Substrat mehrfach nacheinander biegen lassen, ohne dass sich diese Eigenschaften verschlechtern. Die Forscher hatten Erfolg: Sie entwickelten eine ultradünne, transparente Silber-Verbundelektrode aus mehre-

ren Schichten, die die bisher üblichen Indium-Zinnoxid-Elektroden (ITO-Elektroden) punkto Leistungsfähigkeit übertrifft und zudem billiger herzustellen ist.

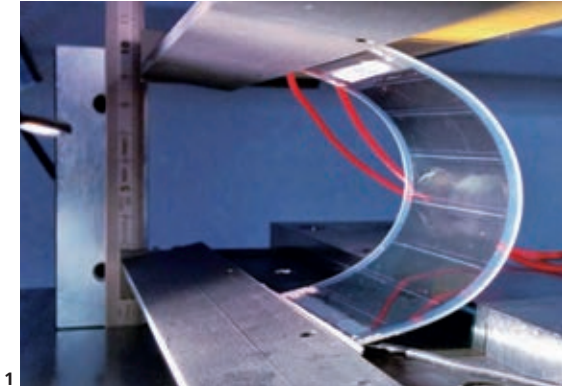
Auf dieser Grundlage gelang es der TREASORES-Forscherguppe, einen Prototyp einer flexiblen organisch-anorganischen Hybridsolarzelle herzustellen, der die Voraussetzungen für eine

---

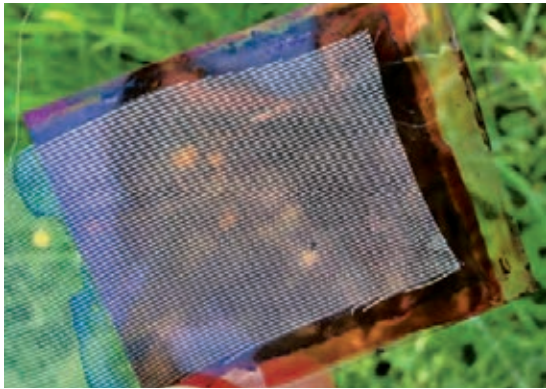
## 50

**Biegeversuche übersteht  
der Prototyp der flexiblen,  
organo-mineralischen  
Solarzelle – ohne dabei  
an Leistung einzubüssen.**

---



1



2

Roll-to-Roll-Massenproduktion erfüllt: Die Zelle basiert aus einer aufsublimierten Schicht aus Methylammonium-Bleiiodid-Perowskit, die zwischen zwei sehr dünnen, speziellen Polymer-schichten eingebettet ist. Als leitfähige Deckelektrode dient die neu entwickelte Silber-Verbundelektrode, bestehend aus der Silberschicht und zwei Schichten aluminiumdotierten Zink-oxids (AZO).

#### **Prototyp mit höchster Effizienz**

Dieser Prototyp brach mit einer Effizienz von sieben Prozent nicht nur den bisherigen Rekord für flexible organische Solarzellen, er erwies sich auch als überaus biegsam und haltbar. Das Fazit: Obwohl das Herz der Zelle aus Perowskit, einer organo-mineralischen Struktur, besteht, ist eine solche Zelle für Roll-to-Roll-Prozesse tauglich. Solarzellen dieser Art könnten in Zukunft billig in grossen Mengen produziert und fast so einfach wie Dachpappe verarbeitet werden.

In einem nächsten Schritt sollen im Rahmen des TREASURES-Projekts die vielversprechendsten Herstellungstechniken auf industrielle Grössenordnungen hochskaliert werden, damit transparente Barriereelektroden und ganze Solarzellen in Rollen von mehr als 100 Metern produziert werden können.

In der zweiten Hälfte der Projektlaufzeit von TREASURES werden sich die Forscher zudem vermehrt mit weiteren neuartigen Elektrodenmaterialien beschäftigen: transparenten Elektroden aus Nanodrähten, leitfähigen Textilien oder Carbon-Nanotubes. //

1

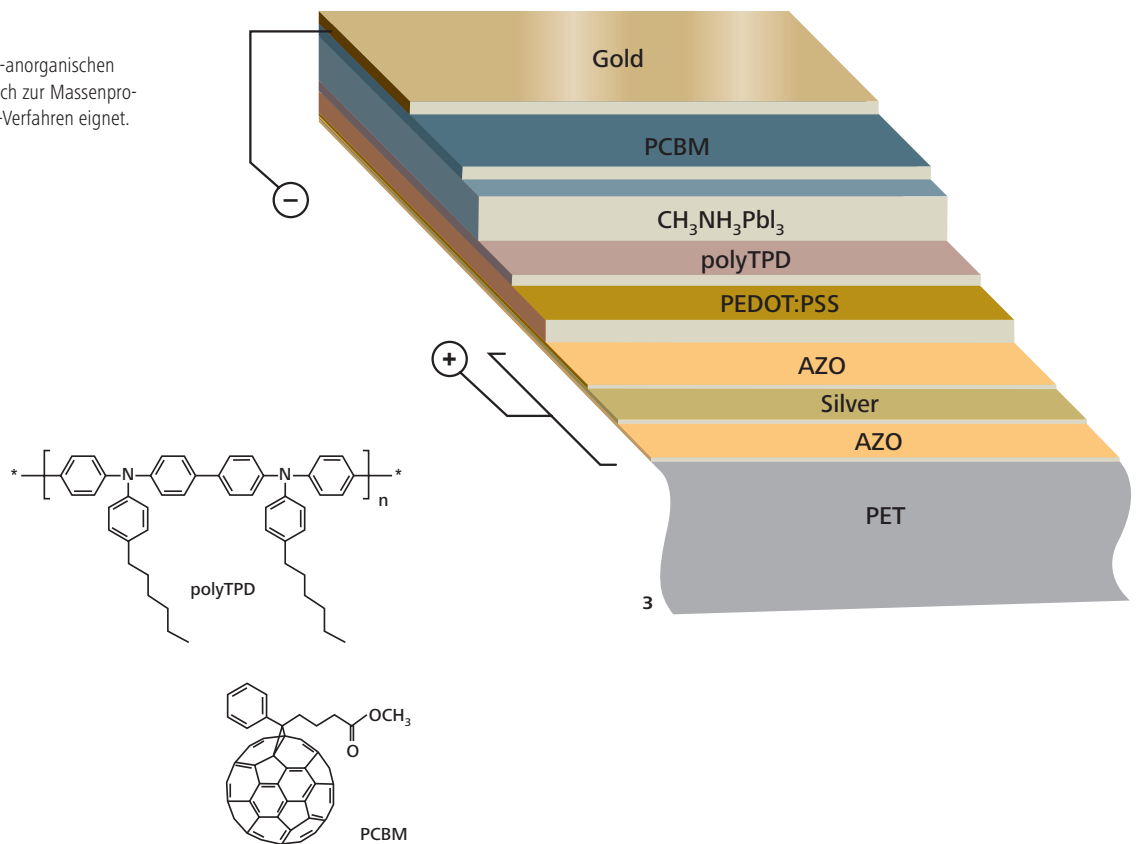
Eine flexible, organische Solarzelle des TREASORES-Projekts wird am «National Physical Laboratory» (NPL) in England auf ihre Stabilität getestet: Mehr als 50 Mal wird sie auf einen Radius von 25 mm gebogen, während die Leistung gemessen wird. Solche Prototypzellen haben bereits Lebensdauern von mehr als 4000 Stunden erreicht (Bild: NPL).

2

Die neuen, transparenten Elektroden für flexible Solarzellen aus dem TREASORES-Projekt kommen ohne seltene Metalle wie Indium aus. Diese hier basiert auf leitfähigen Textilien, die gemeinsam von der Empa und der Sefar AG entwickelt wurden.

3

Aufbau einer organisch-anorganischen Hybrid-Solarzelle, die sich zur Massenproduktion via Roll-to-Roll-Verfahren eignet.





## 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 fünf Forschungsschwerpunkten, den «Research Focus Areas», bündelt die Empa das interdisziplinäre Know-how ihrer mehr als 30 Forschungslabors und Zentren und erarbeitet dadurch praxisnahe Lösungen für Industrie und Gesellschaft.

# Engineering auf atomarer Ebene

**N**anostrukturierte Materialien zu erforschen und zu entwickeln, heisst Grenzflächen verstehen und designen – dies teils auf atomarer Ebene. Über Grenzflächen werden die nanoskaligen Komponenten der Materialien aufeinander abgestimmt. Erst Grenzflächen-Engineering macht es möglich, nanostrukturierte Materialien mit herausragenden und neuartigen Eigenschaften zu entwickeln.

## Verbesserter Ladungstransport

Optoelektronische Bauteile wie Fotodetektoren oder Solarzellen sind aus verschiedenen Dünnschichten aufgebaut, im Minimum aus einer photoaktiven Schicht zur Erzeugung der Ladungsträger und zwei Elektroden, über die diese abgeleitet werden. Dabei wird der Ladungstransport an den Grenzflächen mehr oder weniger stark behindert. Die Effizienz des Gesamtsystems wird somit massgeblich von den elektronischen Eigenschaften der Grenzflächen bestimmt. Deshalb widmen sich Empa-Forscher seit Jahren intensiv der Charakterisierung und Optimierung dieser Grenzflächen, die in der Regel nur ein bis zwei Nanometer dünn sind.

Bei der Entwicklung anorganischer Dünnschicht-Solarzellen und organischer Photodetektoren führte dies auch bereits zu schönen Erfolgen. So konnten die Empa-Forscher zeigen, dass sich die Grenzfläche zwischen der frisch aufgedampften CIGS-

Absorberschicht (Kupfer-Indium-Gallium-Selenid) und der transparenten Elektrode durch eine Behandlung mit Kaliumfluorid entscheidend verbessern lässt. Der Wirkungsgrad der CIGS-Solarzelle konnte damit von 18,7 Prozent auf 20,4 Prozent verbessert werden, was der absolute Weltrekordwert für flexible Solarzellen ist. (Für CIGS-Solarzellen auf Glas konnten andere Forschungsgruppen mit Hilfe des neuen Empa-Prozesses die Effizienz gar auf 21,7 Prozent steigern.)

Einem anderen Empa-Team ist es gelungen, vollkommen transparente organische Photodetektoren zu entwickeln, die Licht selektiv im nahen Infrarotbereich (NIR) nachweisen. Die Empfindlichkeit eines Photodetektors wird vor allem durch den sogenannten Dunkelstrom bestimmt. Durch spezielle, ultra-dünne transparente Pufferschichten konnten die Empa-Forscher den Dunkelstrom gleich um mehrere Grössenordnungen senken. Dadurch wurden die neuen organischen Photodetektoren ähnlich sensitiv und ähnlich schnell wie konventionelle siliziumbasierte Detektoren – und weisen zudem gleich mehrere Vorteile auf: Sie sind sehr leicht, preiswert in der Fertigung und können grossflächig auf flexiblen Substraten gebaut werden. Damit eröffnen sich interessante Anwendungsmöglichkeiten, etwa als Sensoren in interaktiven Displays, in der Qualitätskontrolle oder für bildgebende Diagnoseverfahren in der Medizintechnik.

### 1

Flexible CIGS-Dünnschicht-Solarzelle mit 20,4 Prozent Wirkungsgrad – Weltrekord für flexible Solarzellen! Rundes Bild: Flexibler, optisch transparenter, organischer Photodetektor, der für Menschen nicht sichtbares Licht im nahen Infrarotbereich nachweist und beispielsweise als optischer Schalter dienen kann.

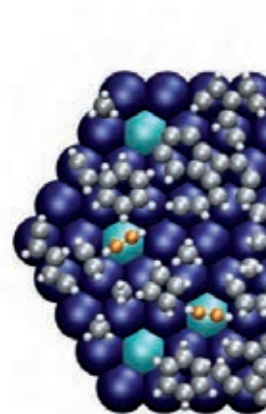
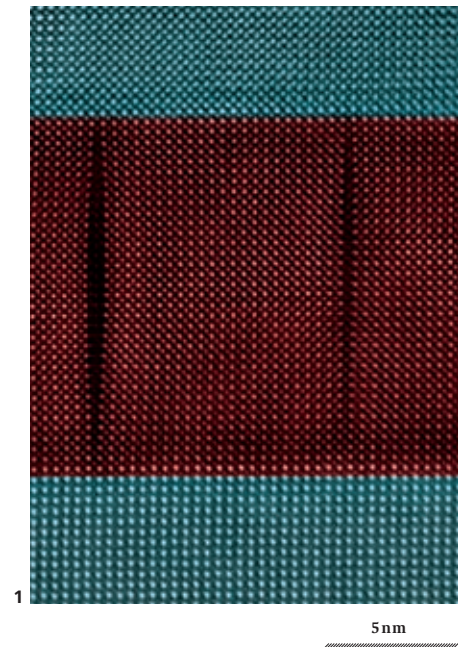




### Selektive Katalyse: weniger Zufall, mehr Kontrolle

Bei der chemischen Synthese mittels heterogener Katalyse ist Selektivität, also die Favorisierung einer von vielen möglichen Reaktionen, die grosse Herausforderung. Ungewollte Nebenreaktionen reduzieren die Effizienz des Prozesses, führen zur Verunreinigung des Produkts und können gar den Katalysator vergiften. Man geht zurzeit davon aus, dass der katalytische Prozess an isolierten atomaren Reaktionszentren auf der Katalysatoroberfläche abläuft. Als Katalysatoren kommen vor allem Edelmetalllegierungen zum Einsatz. In diesen sind die Atome der verschiedenen Elemente, etwa Platin oder Palladium, zufällig auf den Gitterplätzen des Kristallgitters verteilt, inklusive der Oberfläche – die Reaktionszentren entstehen also zufällig.

Um die Selektivität des katalysierten Prozesses zu erhöhen, wäre es von Vorteil, die isolierten Reaktionszentren kontrolliert zu erzeugen. Eine Möglichkeit hierzu bieten «intermetallische Verbindungen», in denen die unterschiedlichen Metallatome nicht zufällig verteilt sind, sondern auf definierten Kristallgitterpositionen sitzen. Durch ein Wechselspiel zwischen Experiment und Computersimulation untersuchten Empa-Forscher die katalytischen Eigenschaften der intermetallischen Verbindung PdGa. Die Resultate zeigen, dass auf diesen Oberflächen die katalytisch aktiven Palladiumzentren durch inerte Galliumatome



2

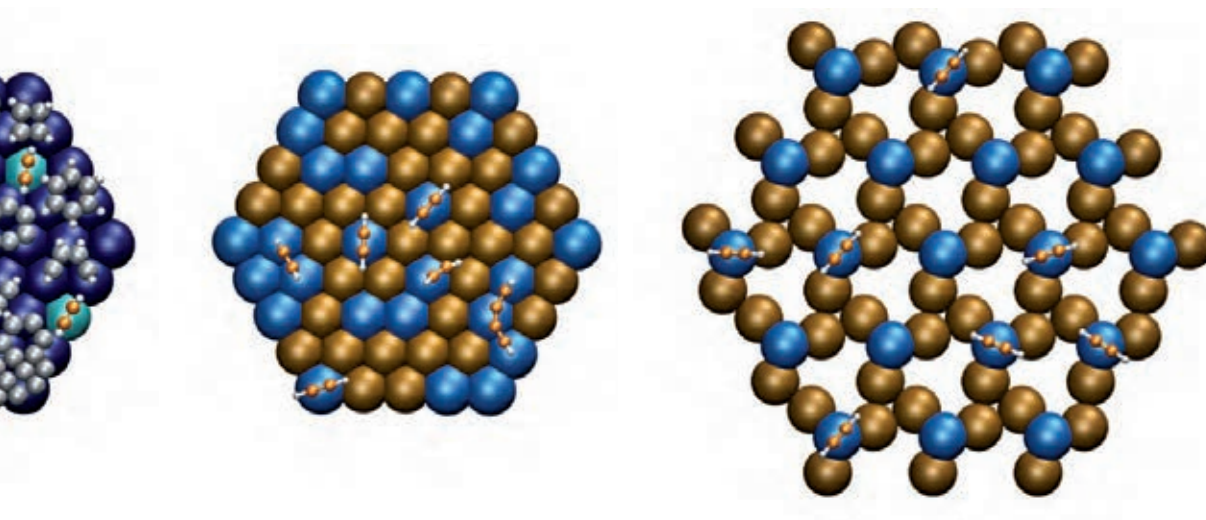
1

Eine Rastertransmissionselektronen-Aufnahme mit atomarer Auflösung zeigt den Aufbau einer neuartigen magnetoelektrischen Schichtstruktur. Die Versetzungen (schwarze Linien) in der mechanisch verspannten magnetoelektrischen Schicht (rot) entstehen durch Relaxation während der Präparation der äusserst dünnen Probe.

2

Unterschiedliche räumliche Anordnung der separierten katalytisch aktiven Zentren auf einer Katalysatoroberfläche: Auf reinem Palladium (Pd-Atome blau und cyan) wird Kohlenstoff abgetrennt (grau), der isolierte aktive Zentren für Adsorbate (orange und weiss) frei lässt (links). «Verdünnung» der Pd-Atome (blau) mit einem inerten Element (braun) in einer Oberflächenlegierung führt zu kleinen Pd-Ensembles als Bindungszentren (Mitte). Separation der aktiven Zentren auf einer intermetallischen Oberfläche, bei der die Adsorptionsplätze (blau) wegen der Kristallstruktur auf der ganzen Oberfläche wohldefiniert sind und durch katalytisch inerte Atomspezies (braun) getrennt sind (rechts).

räumlich getrennt sind, was die katalytischen Eigenschaften gegenüber reinem Palladium oder palladiumhaltigen Legierungen wesentlich verbessert. Ausserdem weist die PdGa-Kristallstruktur eine Händigkeit («Chiralität») auf; PdGa-Katalysatoren könnten sich also für die Herstellung bestimmter Pharmazeutika eignen, bei denen nur die eine von zwei spiegelbildlichen Formen biologisch aktiv ist (bzw. den gewünschten Effekt erzielt). Bisher mussten diese aufwändig aus dem Gemisch beider Formen isoliert werden. //



# Praxistaugliche Lösungen mit gesellschaftlichem Mehrwert

Die hohe Qualität des Bauwerks Schweiz ist ein wichtiges Element für unsere Lebensqualität. Sichere und leistungsfähige Versorgungs- und Verkehrsinfrastrukturen und attraktive wie auch komfortable Wohn- und Arbeitsräume sind für uns eine Selbstverständlichkeit. Um dieses Niveau auch in Zukunft halten zu können, müssen ökonomisch, ökologisch und sozial attraktive Lösungen für den Erhalt und Ausbau des Bauwerks entwickelt werden. Dazu gehört der sparsame Einsatz nicht erneuerbarer Ressourcen, insbesondere der wichtigsten Baustoffe Beton und Asphalt. Genauso wichtig ist es, die bestehenden Strukturen so zu unterhalten und allenfalls an neue Anforderungen anzupassen, dass sie auch weiterhin ihre Funktion wahrnehmen können. Die Empa trägt mit ihren Forschungsarbeiten dazu bei, Lösungen zu entwickeln, die praxistauglich sind und damit einen echten Mehrwert für die Gesellschaft schaffen.

## **Asphalt – nahezu vollständig rezyklierbar**

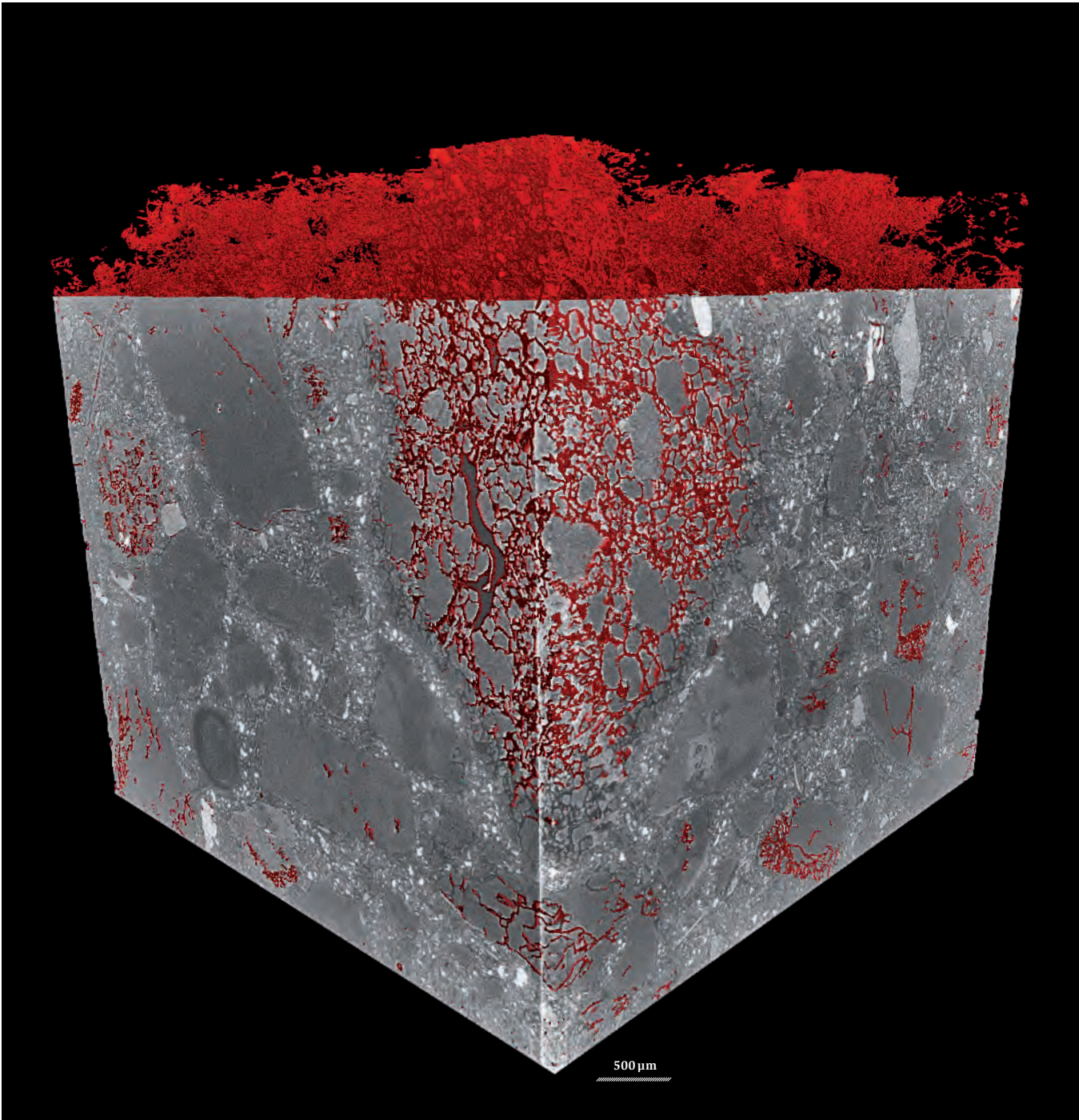
Nach Beton ist Asphalt mengenmässig der bedeutendste Baustoff und ist daher nicht nur ökonomisch, sondern auch ökologisch von grosser Relevanz. Gleichzeitig zeichnet sich Asphalt durch eine nahezu ideale Rezyklierbarkeit aus. In mehreren Forschungsprojekten konnte die Empa letztes Jahr zeigen, dass es (im Labor) möglich ist, qualitativ hochstehendes

Heiss-Mischgut mit hohen Recyclinganteilen von bis zu 80 Prozent herzustellen. Damit rückt eine vollständige Rezyklierbarkeit in greifbare Nähe. Allerdings muss mit der Erhöhung des Recyclinganteils zwingend ebenso die Qualität des Ausbausphalts durch frühzeitige Triage, aufwändigere Aufarbeitung und sorgfältige Lagerung sichergestellt werden.

## **Verbesserungen auch bei Hochleistungsbeton**

Hochleistungsbetone erlauben extrem schlanke Strukturen, vor allem in Kombination mit einer Armierung aus Kohlenstofffasern (CFK). Leider wirkt sich die dichte Struktur des Hochleistungsbetons im Brandfall nachteilig aus, da es durch das im Innern des Betons freigesetzte gasförmige Wasser zu Abplatzungen kommen kann. Eine Lösungsstrategie besteht im Zumischen von Polypropylenfasern, die im Brandfall aufschmelzen und Kanäle für die Druckentlastung öffnen. In selbstverdichtendem Beton wiederum lassen sich die Fasern nicht in den notwendigen Mengen beimischen. Die Empa entwickelte hierzu eine patentierte Lösung, bei der mit deutlich weniger Fasern und superabsorbierenden Polymeren (SAP) ein selbstverdichtender Beton hergestellt werden kann. Die SAP-Partikel bilden Makroporen, die im Zusammenspiel mit den Fasern im Brandfall ein perkolierendes Kanalsystem ergeben und so die Gefahr von Abplatzungen deutlich senken. Dies

1 Die Röntgentomographie macht Risse in einer Betonprobe sichtbar (rot).



1

konnte am Beispiel von dünnwandigen, mit CFK-Drähten vorgespannten Plattenbalken auch experimentell demonstriert werden.

### CFK macht altersschwache Brücken wieder fit

Immer mehr Stahlbrücken müssen aufgrund von Ermüdungserscheinungen ersetzt oder nachträglich verstärkt werden. Die Empa hat in einem KTI-Projekt eine Lösung entwickelt, bei der die tragenden Elemente mit vorgespannten CFK-Lamellen verstärkt werden. Im Gegensatz zu herkömmlichen Lösungen werden die Lamellen dabei nicht auf die Struktur aufgeklebt; daher eignet sich die Lösung auch für genietete oder aufgrund von Korrosionserscheinungen sehr raue Oberflächen. Das System wurde an der 120 Jahre alten Münchenstein-Brücke auch bereits erfolgreich eingesetzt. Die Leistungsfähigkeit der Verstärkung konnte mit einem drahtlosen Sensornetzwerk exakt überwacht und nachgewiesen werden. Damit steht den Brückenbetreibern eine im Vergleich zu einem Ersatz deutlich kostengünstigere Variante zur Verfügung, die zudem aufgrund des minimalen Eingriffs in die Struktur auch aus baukultureller Sicht äusserst attraktiv ist. //

1  
Unteransicht der Münchenstein-Brücke mit vorgespannter Querverstärkung durch CFK-Bänder.

2  
Die Münchenstein-Brücke ist 120 Jahre alt und wurde mit vorgespannten CFK-Bändern verstärkt.



# Ressourcen effizient und verantwortungsvoll nutzen

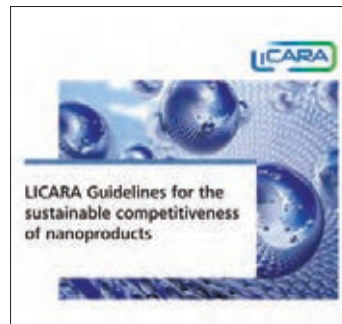
Die stetig steigenden Ansprüche unserer Gesellschaft etwa an Konsumgüter und die wachsende individuelle Mobilität führen zu einem steigenden Bedarf an endlichen Rohstoffen. Um dieser Herausforderung zu begegnen, bedarf es neuer, effizienter Prozesse hin zu geschlossenen Materialkreisläufen und innovativer Materialien für unsere Alltagsbedürfnisse. Gleichzeitig ist eine Änderung unseres eigenen Verhaltens nötig, das einen verantwortungsvollen Umgang mit Ressourcen beinhaltet. Ein zentrales Ziel der Empa ist es, diese Entwicklung voranzutreiben und effiziente und innovative Prozesse und Materialien zu entwickeln, die der nachhaltigen Nutzung der Umwelt Rechnung tragen.

## Leitfaden für nachhaltige Produkte erhöht Wettbewerbsfähigkeit

Nanomaterialien können dank ihrer spezifischen Eigenschaften Produkte entscheidend verbessern und den herstellenden Unternehmen einen Wettbewerbsvorteil bringen. Gleichzeitig gilt es jedoch, allfällige Beeinträchtigungen von Mensch und Umwelt durch neue Stoffklassen zu vermeiden. Da viele Fragen zu Nutzen und Risiken von Nanomaterialien noch offen sind und

die europäische Gesetzgebung in diesem Bereich anspruchsvoll ist, haben Forschende der Empa im Rahmen des EU-Projekts «LICARA» zusammen mit der holländischen Forschungsinstitution TNO, dem Nano-Cluster-Bodensee und Partnern aus der

Industrie einen Leitfaden ([www.empa.ch/licara](http://www.empa.ch/licara)) erarbeitet. Dieser führt in sieben Schritten durch eine systematische Analyse der Vor- und Nachteile von Nanomaterialien und hilft so, Entscheide zu deren Einsatz vorzubereiten; dadurch fördert er die Kommunikation zwischen den verschiedenen Akteuren entlang der Wertschöpfungskette. Der Leitfaden unterstützt die Industrie dabei, den generellen Nutzen und die Risiken dieser neuen Materialien für Mensch und Umwelt einzuschätzen, um so nachhaltige, wettbewerbsfähige Nanoprodukte entwickeln zu können.



## Innovative Gasanalytik für Emissionsreduktionen

Emissionen industrieller Prozesse sind oft ein Gemisch verschiedener Gase. Die Beurteilung dieser Emissionen und die Optimierung der entsprechenden Prozesse bedingen deshalb in der Regel mehrere, meist teure Messgeräte. Ein Forscherteam der

1

Future Mobility Demonstrator, eine Forschungsplattform für die Mobilität der Zukunft: Neben Erdgas/Biogas und Elektrizität werden auch Wasserstoff und ein Erdgas/Biogas-Wasserstoff-Gemisch als Treibstoff angeboten und untersucht.

2

In einem Messgerät basierend auf Quantenkaskaden-Laser können Luftschadstoffe und Treibhausgase mit herausragender Präzision und Empfindlichkeit bestimmt werden. Dieser Demonstrator wurde an der Ausstellung «Photonics Europe» in der Kategorie «Best Innovation» ausgezeichnet. Er eignet sich zum Beispiel für die Messung der stabilen  $\text{CO}_2$ -Isotope.

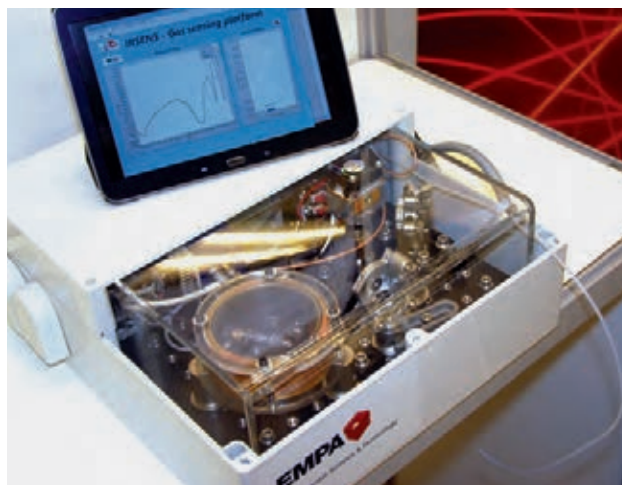




Empa hat zusammen mit Forschern der ETH Zürich ein innovatives Messkonzept basierend auf einem Quantenkaskaden-Laser entwickelt, das im mittleren Infrarotbereich mehrere Gase gleichzeitig detektieren kann. Das Mehrkomponenten-Spektrometer wird mit nur einem Laserchip realisiert, der für mehrere Frequenzbereiche optimiert wurde. Damit lassen sich zum Beispiel einige ppb («parts per billion», also der Milliardstelanteil in einer Luftprobe)  $\text{NO}_2$  und  $\text{NO}$  gleichzeitig und mit hoher zeitlicher Auflösung detektieren, was sowohl für die Umweltbeobachtung als auch für die Untersuchung von Verbrennungsprozessen von grossem Vorteil ist.

### Erneuerbare Energie in der Mobilität reduziert $\text{CO}_2$ -Emissionen

Strom aus erneuerbaren Quellen wie Sonnen- und Windenergie fällt zeitlich fluktuierend an – und nicht immer dann, wenn er benötigt wird. Nutzt man diesen temporär anfallenden überschüssigen Strom von Wind- und Solaranlagen als Treibstoff, könnten mehrere 100 000 Erdgas/Biogas-, Brennstoffzellen- und Elektroautos mit  $\text{CO}_2$ -neutraler, einheimischer Energie betrieben werden. Die Empa baut auf dem Campus in Dübendorf den Future Mobility Demonstrator, der mit verschiedenen Technologien zeigt, wie sich Überschussstrom ökonomisch sinnvoll in Treibstoff umwandeln lässt. Dadurch können beträchtliche Mengen an fossilen Treibstoffen eingespart werden. //



2

# Die Schweizer Energiepolitik wirkungsvoll unterstützen

Der Forschungsschwerpunkt «Energie» wurde 2014 weiter ausgebaut. Die im Rahmen des Aktionsplans «Koordinierte Energieforschung» durch den Bund lancierten Kompetenzzentren («Swiss Competence Centers for Energy Research», SCCER) sind inzwischen alle operativ. Die Empa leitet das SCCER «Future Energy Efficient Buildings & Districts» (FEEB&D) und leistet massgebliche Beiträge zu den Kompetenzzentren in den Bereichen Speicherung und Mobilität. Der finanzielle Umfang dieser Arbeiten für die Jahre 2014–2016 beträgt knapp 10 Millionen Schweizer Franken, wobei ein Drittel von der Kommission für Technologie und Innovation (KTI), ein Drittel aus Empa-Mitteln und ein Drittel aus kompetitiven Mitteln stammt. Damit wird die Empa einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Ziele der schweizerischen Energiepolitik und zur Stärkung der Innovationskraft der schweizerischen Industrie leisten.

## Gebäude – effizient, intelligent und vernetzt

Im SCCER FEEB&D haben sich Empa, ETHZ, EPFL, HSLU, FHNW, Uni Genf und ihre Industriepartner zum Ziel gesetzt, Konzepte und Technologien zu entwickeln, die den Energiebedarf des Gebäudeparks Schweiz bis ins Jahr 2050 um den Faktor fünf reduzieren. Dazu müssen Gebäude effizient, intelligent und vernetzt sein. Bei der Effizienz drehen sich die Forschungsarbeiten um neue Hochleistungsisolationsmaterialien, die eine effektive und kostengünstige energetische Sanierung von bestehen-

den Gebäuden ermöglichen, sowie um neue Fenster, die im Winter maximale solare Gewinne erlauben, ohne im Sommer zur Überhitzung zu führen. Ist der Grundenergiebedarf auf ein vernünftiges Mass gesenkt, muss durch intelligente Massnahmen sichergestellt werden, dass die Gebäude auch optimal betrieben werden, d.h., dass ihr Effizienzpotenzial auch ausgeschöpft wird. Die Themen reichen hier von der Gebäudeautomation und prädiktiver Steuerung bis hin zur Integration der Benutzer.

Die dritte Stossrichtung des SCCER zielt auf die Integration von Gebäuden in lokale Multi-Energienetze, über die Wärme, Kälte, Strom und Gas zwischen verschiedenen Gebäuden mittels eines Energy-Hubs verteilt werden. Dabei geht es darum, ein Simulationswerkzeug zu entwickeln, das die optimale Dimensionierung solcher Netze erlaubt, sowie um die Frage, welche Technologien für die Umwandlung und Speicherung von Energie im Energy-Hub eingesetzt werden sollen. Das Potenzial solcher Verbundnetze liegt in der optimalen Nutzung von lokal gewonnener erneuerbarer Energie und der Netzentlastung durch das Vermeiden von Angebots- und Nachfragespitzen. Bei all diesen Aspekten spielen auch sozioökonomische Fragen eine wichtige Rolle, die in einem eigenen Arbeitspaket behandelt werden. Schliesslich ist auch eine grosse Zahl von Industriepartnern in das SCCER eingebunden, da nur sie in der Lage sein werden, die neuen Lösungen am Markt umzusetzen.

### 1

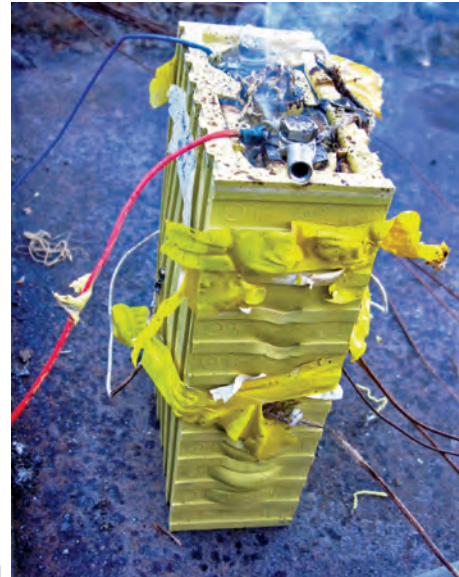
Das EU-Projekt COMTES erforscht die Langzeitspeicherung von Solarenergie mittels Sorptionswärmespeichern. Ein Partner im Projekt kontrolliert die Wärmetauschereinheit im Inneren der Anlage.



### Batterien mit verbesserter Speicherdichte – Photovoltaik mit höherer Effizienz

Im SCCER Mobilität treibt die Empa ihre Forschung auf dem Gebiet gasbetriebener Fahrzeuge weiter, im SCCER Speicherung fokussiert sie sich auf die Themen Wasserstoff und Batterien. Bei Letzterem geht es um die Entwicklung neuer Elektrodenmaterialien, die auf monodispersen, nanokristallinen Materialien beruhen und das Potenzial für höhere Speicherdichten haben. Zudem hat die Empa eine Infrastruktur aufgebaut und in Betrieb genommen, dank derer die Zuverlässigkeit und Lebensdauer grösserer Batterien, etwa für Elektromobilität und Photovoltaik, untersucht werden kann.

Nebst den SCCER-bezogenen Aktivitäten konnten in vielen anderen Bereichen wesentliche Fortschritte erzielt werden, etwa bei der Entwicklung von Photovoltaik-Tandemzellen, die aus zwei Schichten mit unterschiedlichen Bandlücken bestehen. Damit kann ein grösserer Anteil des einfallenden Sonnenlichts in Strom umgewandelt werden; dies führt zu einer Gesamteffizienz von mehr als 30 Prozent. Allerdings hat diese Technologie nur eine Chance, wenn günstige Materialien und Produktionsprozesse verwendet werden können. Die Empa setzt dabei auf die Dünnschichttechnologie, bei der eine semitransparente Perowskit-Schicht über einer CIGS-Schicht zu liegen kommt. //



1

1  
Überlastungsversuch an einer Lithium-Eisenphosphat-Batterie:  
Die Zellen selber brennen nicht, das Ausgasen kann aber zur  
Entzündung umgebender brennbarer Stoffe führen.

Jeder zweiten Schweizerin bzw. jedem zweiten Schweizer wird im Laufe des Lebens ein künstliches Hüftgelenk implantiert. Mit der dank des medizinischen Fortschritts weiterhin ansteigenden Lebenserwartung dürfte diese Zahl in Zukunft gar noch weiter ansteigen. Implantate müssen daher immer länger funktionsfähig bleiben; gleichzeitig werden die für Implantate verwendeten Materialien durch die vermehrten sportlichen Aktivitäten bis ins hohe Alter deutlich stärker belastet. Die Ansprüche an die Implantate von morgen nehmen also stetig zu.

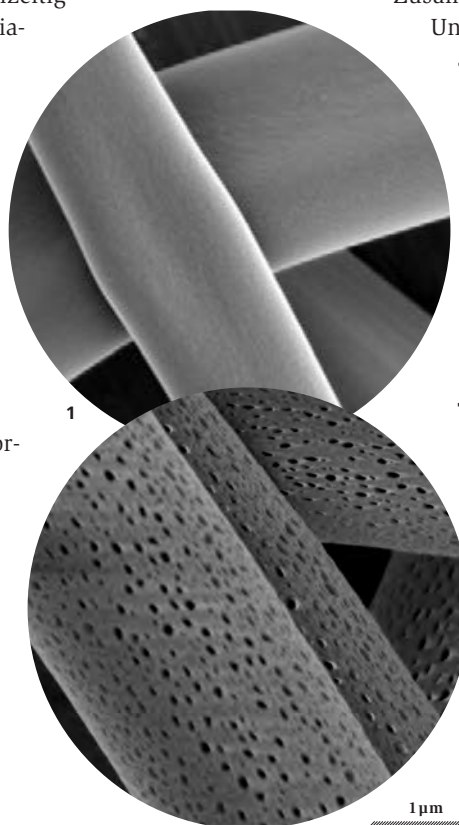
## Wechselwirkung zwischen Materialien und biologischen Systemen

Neben verbesserten mechanischen Eigenschaften sind dabei aber auch die Wechselwirkungen neuer Materialien mit biologischen Systemen – Zellen, Gewebe und Organe – von grosser Bedeutung. Diese stehen im Fokus der im letzten Jahr neu formierten Forschungsabteilungen «Biointerfaces» und «Particles-Biology-Interactions». Implantierte Materialien können beispielsweise Allergien auslösen; an ihren Oberflächen tauchen ver-

mehrt multiresistente Bakterien auf. Ziel der Forschungsaktivitäten der Empa ist es, die komplexen Mechanismen an Grenz- und Oberflächen zu verstehen und dank innovativer Technologien neue Therapiemethoden und Diagnostika zu entwickeln.

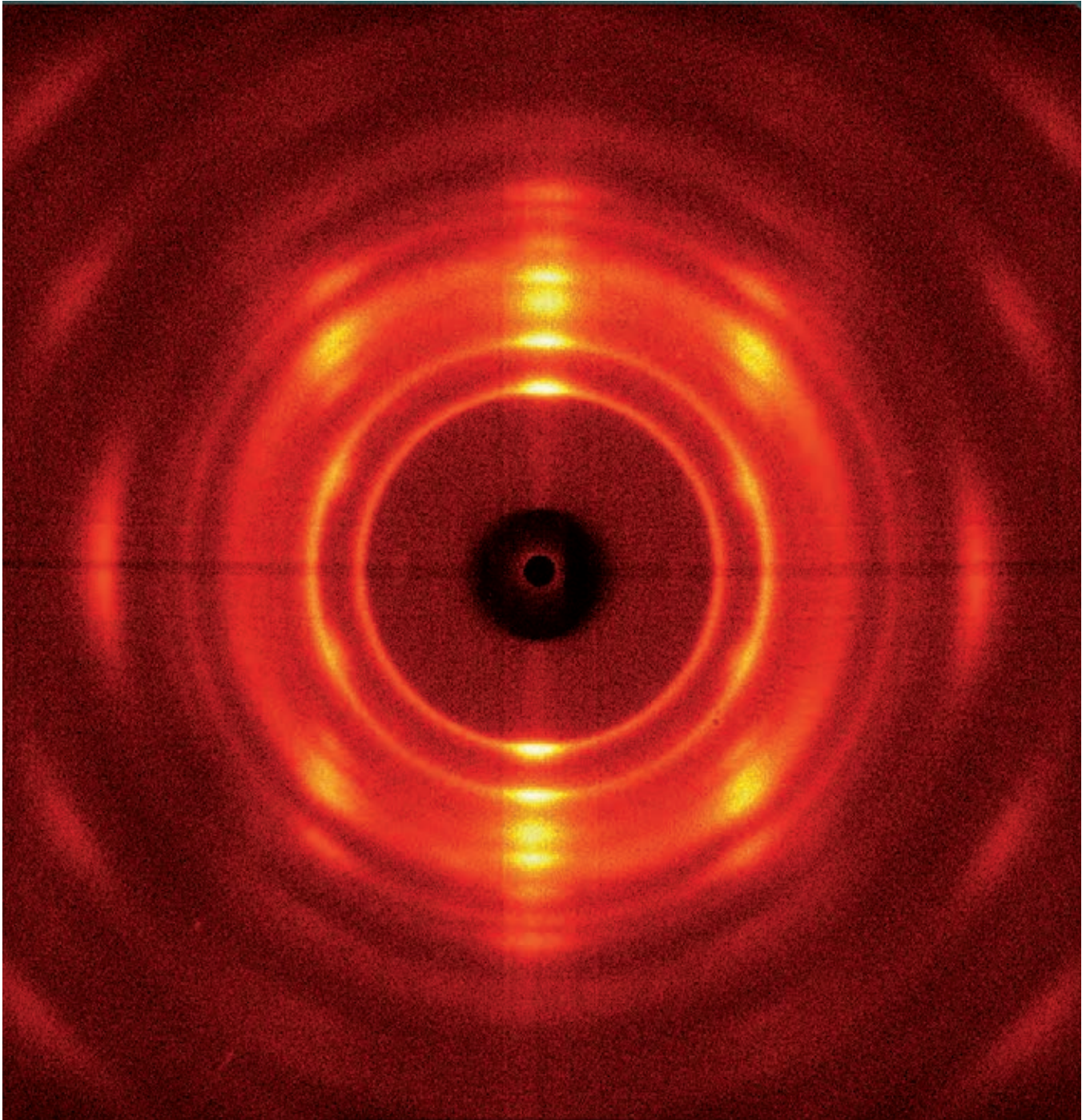
Dieses interdisziplinäre Gebiet setzt eine enge Zusammenarbeit mit Medizinern etwa an Universitäts- oder Kantonsspitalern voraus und verbindet Kompetenzen aus den Bereichen Biotechnologie und -chemie, Mikro- und Zellbiologie.

Um das Potenzial von Textilien im und am menschlichen Körper künftig noch besser für nachhaltige und biologisch relevante Gebiete zu nutzen – und daraus innovative Anwendungen zu entwickeln –, hat die Empa zusammen mit Partnern aus der Textilindustrie und anderen Branchen die Forschungsinitiative «SUBITEX» lanciert. Die Entwicklung und Nutzung neuartiger Materialien, Fasern, Gewebe und Verfahren soll den Schweizer Textilfirmen



1

Im Elektrosponning-Verfahren hergestellte Fasern weisen je nach Umgebungsbedingung unterschiedliche Oberflächen auf: niedrige Luftfeuchtigkeit führt zu glatten Faseroberflächen, hohe Luftfeuchtigkeit liefert eine poröse Struktur. Dies kann dazu verwendet werden, Fasern mit kontrollierter Substanzabgabe (Medikamente, Duftstoffe) herzustellen.



1

einen langfristigen Wettbewerbsvorteil auf dem globalen Markt sichern helfen. Besonders interessant sind Applikationen im Bereich der optischen Sensorik, beispielsweise optisch leitende Fasern oder neuartige Biosensoren. Aber auch polymere Mehrkomponentenfasern wie Flüssigkernfasern oder Nanofasern mit antioxidativen Eigenschaften oder Membranen für die gesteuerte Abgabe von Medikamenten durch die Haut (siehe auch Seite 12).

### **Entwicklung eines künstlichen Schliessmuskels**

Inkontinenz ist in den Industrienationen mit einer Prävalenz von bis zu 10 Prozent ein weit verbreitetes Leiden mit einschneidenden körperlichen und vor allem auch sozialen Folgen. Die Empa entwickelt im Rahmen eines NanoTera-Projekts zusammen mit dem Biomaterials Science Center der Universität Basel und dem Institute for Surgical Technology and Biomechanics der Universität Bern die Steuerungs- und Leistungselektronik für einen künstlichen Schliessmuskel sowie einen entsprechenden Batteriespeicher, der induktiv aufgeladen wird. Der Schliessmuskel selbst besteht aus einem Aktuator aus elektroaktiven Polymeren. Die klinischen Versuche werden in den Kantonsspitalern Schaffhausen und St. Gallen sowie im Inselspital Bern durchgeführt.

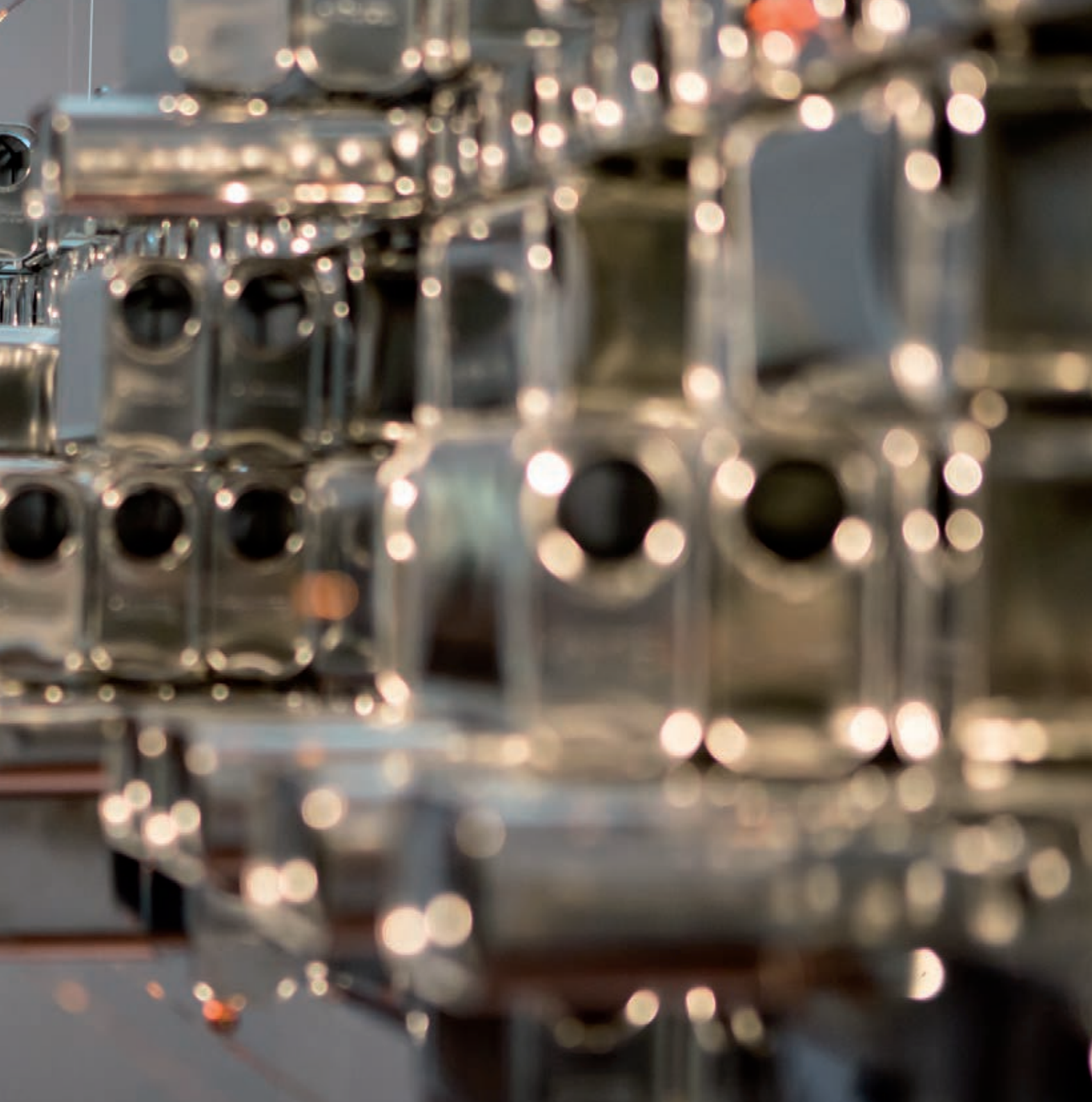
### **Ein neues Zentrum für Röntgenanalytik**

Um biologische Proben besser charakterisieren zu können, kommen im neu gegründeten Zentrum für Röntgenanalytik auch analytische Methoden wie die Röntgencomputertomographie (XCT), die Röntgendiffraktometrie (XRD) und Kleinwinkelstreuungsmethoden (SAXS, XPCI) zum Einsatz; zudem werden Algorithmen für die 3-D-Bildanalyse und für Computersimulationen entwickelt.

Im Fokus der Forschung stehen Anwendungen in Biologie und Biotechnologie sowie der Ausbau von In-situ-Techniken. Die neuen XRD- und SAXS-Instrumente des Zentrums eignen sich vor allem für die Charakterisierung von Materialien wie Nanopartikel, Polymere und Fasern. Bei diesen Studien geht es in erster Linie um ein besseres Verständnis und eine Optimierung der mechanischen Eigenschaften der untersuchten Materialien. Ausserdem unterstützen die Forscherinnen und Forscher des Röntgenzentrums die Entwicklung von hocheffizienten Röntgendetektoren, die bei medizinischen Untersuchungen die Strahlendosis und somit die Risiken für die PatientInnen erheblich reduzieren. //

1

Eine SAXS/WAXS-Analyse liefert das Röntgendiffraktionsmuster einer textilen Faser. Daraus kann die molekulare Struktur der Faser bestimmt werden (Bild: Bruker Corp.).

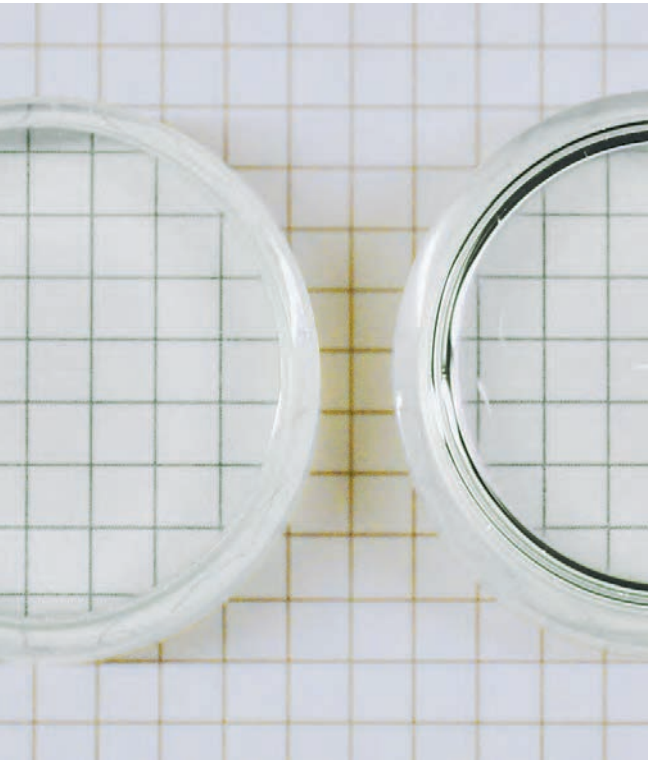




## Von der Forschung zur Innovation

Erstklassige Forschung und Industrienähe – das sind die zwei «Pole», zwischen denen sich die Empa bewegt. Durch effiziente und individuelle Formen der Zusammenarbeit sowie ein breites Spektrum an Dienstleistungen ist die Empa in der Lage, ihren Partnern massgeschneiderte Lösungen anzubieten. Sei es, um neue Produkten und Anwendungen zu entwickeln, Technologien zu optimieren, konkrete Probleme zu lösen oder technisches Fachpersonal auf den neuesten Stand des Wissens zu bringen – die Empa ist mit ihren knapp 550 hochqualifizierten Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen sowie erstklassiger technischer Infrastruktur die richtige Adresse.

# Innovationsquelle für die Industrie



Die Liste der Firmen, die für gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsprojekte mit der Empa kooperieren, wächst stetig weiter; die Industriepartner nutzen die interdisziplinäre Fachkompetenz der Empa-Forscherinnen und -Forscher als Innovationsquelle für ihre Produktentwicklungen. So ist die Zahl der neuen Forschungsvereinbarungen im vergangenen Jahr mit knapp 130 Verträgen um rund 14 Prozent gegenüber dem Vorjahr angestiegen. Zudem hat die Empa 18 Patente angemeldet und 16 neue Lizenz- und Technologietransferverträge mit Wirtschaftspartnern abgeschlossen.

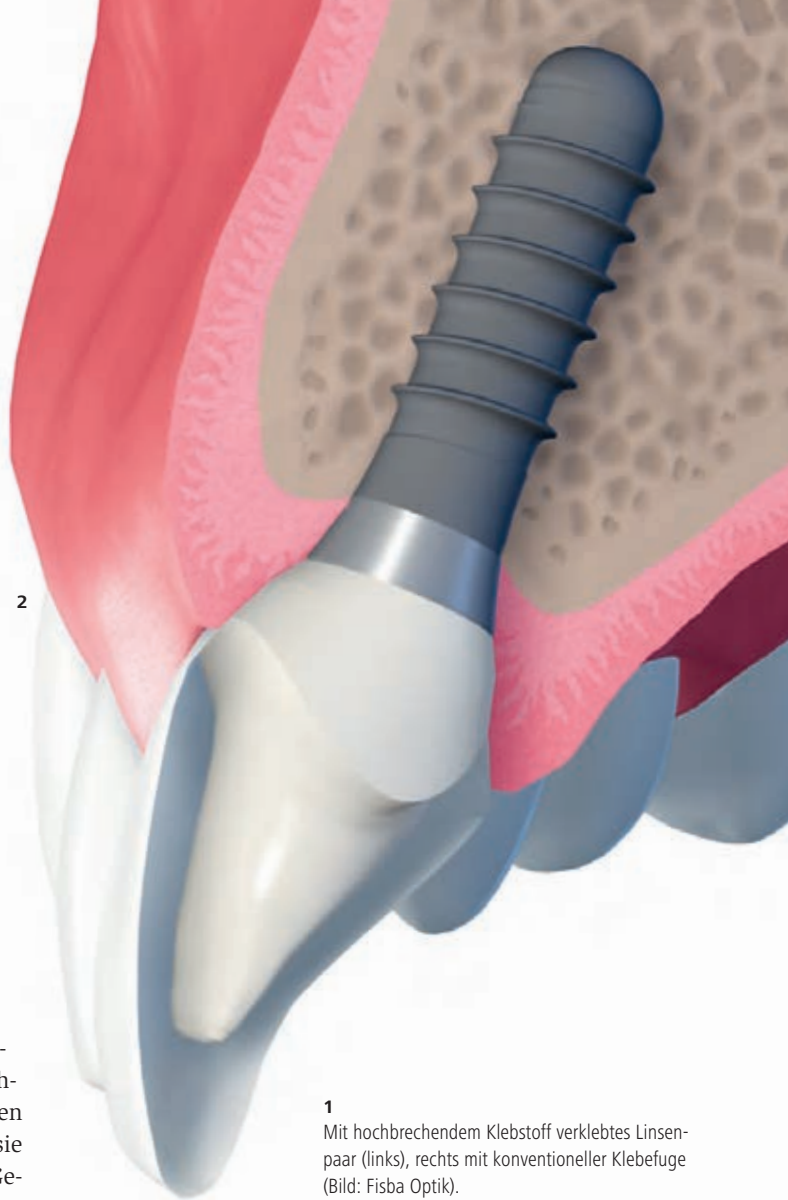
## **Neue Klebstoffe aus strukturierten Polymeren**

Forschende der Empa, der Interstaatlichen Hochschule für Technik Buchs (NTB) und des «Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique» (CSEM) entwickelten etwa im Rahmen eines zweijährigen KTI-Projekts zusammen mit den Firmen APM Technica AG, Fisba Optik AG, Baumer Electric AG, Unisensor AG und der UCP Group neue strukturierte multifunktionale Polymere. Diese finden Anwendung als dünne Klebstofffilme und Vergussmassen im «Packaging» optischer und optoelektronischer Systeme. Entwickelt wurden vier neuartige Klebstoffe: zwei davon mit hoher optischer Transparenz, einer mit erhöhter Wärmeleitfähigkeit und einer mit sehr hohem Brechungsindex und optimalen Verarbeitungs- und Klebeigen-

schaften. Sie werden künftig von der Firma APM Technica AG produziert und vertrieben. Die Fisba Optik AG und die Baumer Electric AG haben damit bereits erste Demonstratoren hergestellt und eigene Produktentwicklungen angeschlossen.

### **Funktionalität und Verträglichkeit von Dentalimplantaten**

In verschiedenen Studien mit der Institut Straumann AG, unter anderem in zwei durch die KTI geförderten Projekten, untersuchen Empa-Forschende mittels *in-vitro*-Studien unterschiedliche Materialien für Dentalimplantate auf deren biologische Verträglichkeit und Funktionalität. Die Reaktion des Körpers auf ein «fremdes» Material unmittelbar nach der Implantation entscheidet darüber, ob (und wie) sich Gewebezellen auf der Implantatoberfläche anlagern – also letztlich, ob ein Implantat, etwa ein Dentalimplantat oder auch ein künstliches Gelenk, fest im Knochen «einwächst» oder nicht. Um diese für ein Implantat äusserst wichtige Eigenschaft besser untersuchen zu können, entwickelten Empa-Forschende verbesserte *in-vitro*-Modelle, mit denen sie beispielsweise untersuchen konnten, wie sich verschiedene Gewebetypen, etwa Knochenzellen oder Fibroblasten, auf der Implantatoberfläche entwickeln.



**1**  
Mit hochbrechendem Klebstoff verklebtes Linsenpaar (links), rechts mit konventioneller Klebefuge (Bild: Fisba Optik).

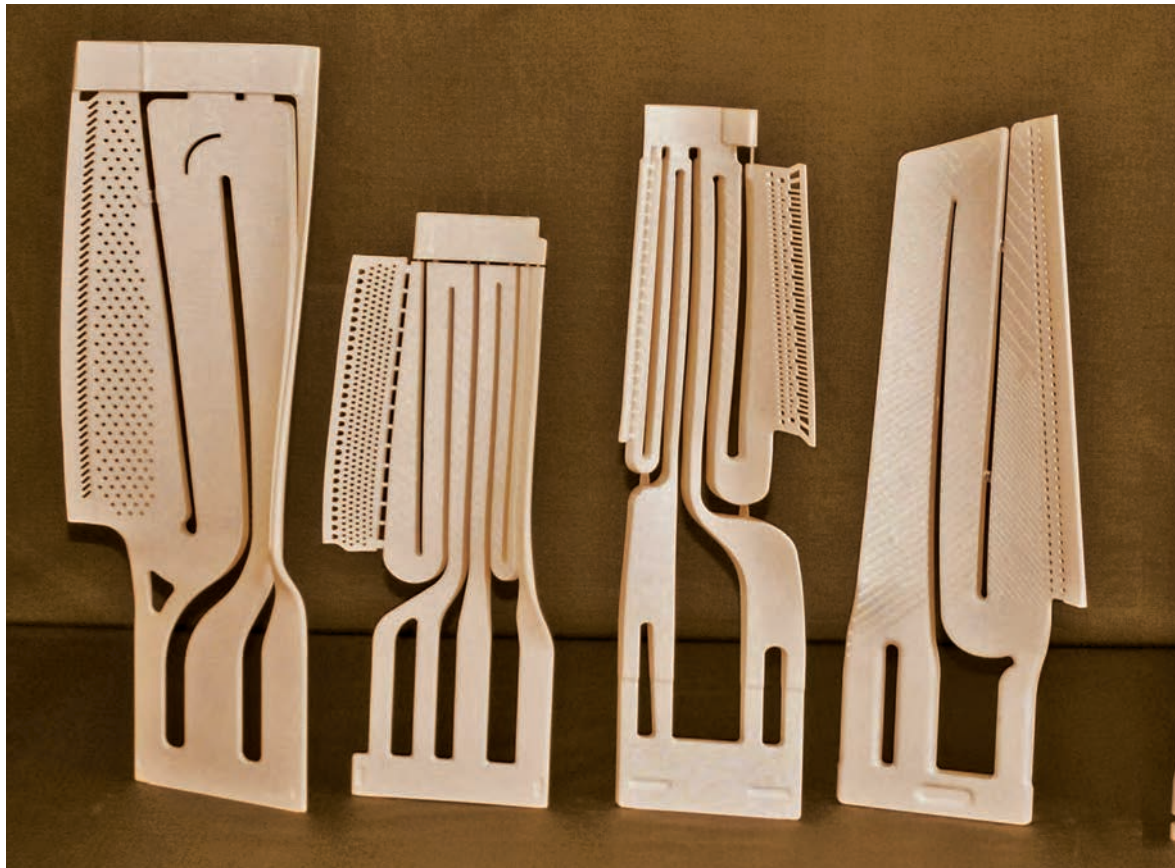
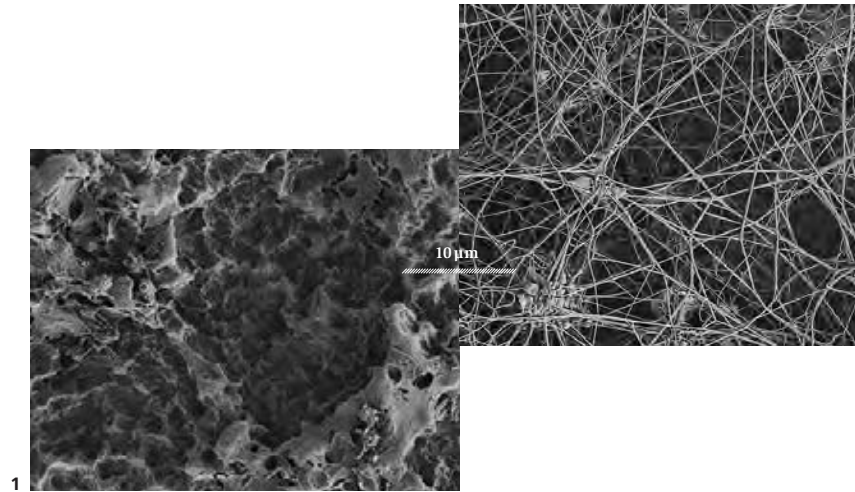
**2**  
Gemeinsam mit Industriepartnern arbeiten Empa-Forscherinnen daran, Implantate «biokompatibler» zu machen (Bild: Institut Straumann AG 2015, alle Rechte vorbehalten, mit freundlicher Genehmigung der Institut Straumann AG).

1

Das für den Heilungsprozess wichtige Fibrinnetzwerk bildet sich auf einem optimierten Material (rechts) besser aus als auf einer nicht funktionalisierten Implantatoberfläche (links).

2

Für das metallische Präzisionsgiessen optimierte Keramikkerne.





### Optimierte Keramikkerne fürs metallische Präzisionsgiessen

Zahlreiche Metallbauteile – beispielsweise Turbinenflügel – beherbergen in ihrem Inneren komplexe Hohlräume; diese sind notwendig, damit die Komponenten optimal funktionieren. Da derartige Metallteile im Gussverfahren, dem sogenannten Präzisionsformguss, hergestellt werden, fungieren Keramikkerne während des Giessvorgangs als Platzhalter. Dabei ist von entscheidender Bedeutung, wie sich diese keramischen Kerne bei Temperaturen von bis zu 1550 °C verhalten. Das Problem: Die Keramikkerne bestehen häufig aus Siliziumdioxid und Zirkon und können sich bei allzu grosser Hitze während des Gussprozesses verformen. Die Empa hat daher im Rahmen eines KTI-Projekts zusammen mit der Firma Engimics SA spezielle keramische Kerne mit verbesserten thermomechanischen Eigenschaften entwickelt. Wichtige Aspekte waren einerseits die verbesserte Formstabilität bei hohen Temperaturen und das sogenannte Auslaugungsverfahren nach dem Metallguss. Der Keramikern wird nach dem Guss wieder aus dem Metallbauteil entfernt. Dies geschieht mit Hilfe einer Lauge, die das Keramikteil auflöst. Indem die Empa-Forscher die Rohstoffe des Keramikerns verschiedentlich variierten, konnten sie die Rezeptur optimieren. Die neue Rezeptur ermöglicht es, Keramikkerne mit genau «eingestellten» Hochtemperatureigenschaften für verschiedene Metallgussbauteile herzustellen. //

# Im Dienste der Jungunternehmen

**A**uch im vergangenen Jahr unterstützten die beiden Business-Inkubatoren glaTec und tebo wieder zahlreiche Jungunternehmen. Dass sich dies lohnt, beweisen unter anderem die hervorragenden Platzierungen der Start-ups in nationalen Ranglisten und Wettbewerben. Die glaTec-Jungfirma QualitySense, die Anlagen zur Qualitätsprüfung und Sortierung von Getreide und anderen Lebensmitteln entwickelt, verbesserte sich gegenüber dem Vorjahr um fünf Plätze und belegte 2014 den ausgezeichneten fünften Platz der 100 besten Start-ups der Schweiz. Der Empa Spin-off TwingTec, der mit neuartigen Flugdrachen Windenergie nutzen will, gewann alle drei Runden des Gründerwettbewerbs «VentureKick» und gehörte zu den drei Finalisten des letztjährigen «Swiss Technology Award» in der Kategorie «Inventors». Grosse Ehre wurde auch den ehemaligen glaTec-Jungunternehmern von Optotune zuteil, die den prestigeträchtigen «Swiss Economic Award» 2014 entgegennehmen durften.



1

**1**  
Drohne der STARTFELD-Firma Meteomatics GmbH, die exakte Wettervorhersagen für die kommenden 24 Stunden möglich macht (Bild: Meteomatics GmbH).

## Nach vier Jahren fit für den Markt

2014 waren insgesamt 13 Jungfirmen im glaTec auf dem Empa-Campus in Dübendorf eingemietet; davon gingen sieben aus der Empa hervor. Zusammen beschäftigen die Start-ups im glaTec über 70 Mitarbeitende. Nachdem die Firmen den strengen mehrstufigen Auswahlprozess erfolgreich absolviert haben, können sie sich im glaTec für drei bis vier Jahre niederlassen und mit Unterstützung der Empa zur Marktreife wachsen. Danach ziehen sie als junge KMUs in die Region. So verliess letztes Jahr nach Optotune mit der compliant concept AG eine zweite erfolgreiche Firma mit 15 Mitarbeitenden den Empa-Inkubator und startete vom neuen Firmensitz in Fehraltorf aus mit dem Verkauf ihres sensorgestützten Pflegehilfsmittels «Mobility Monitor» an Pflegeheime und Spitäler.

## Technologie- und Innovationszentrum im Tagblatt-Gebäude

Um direkt neben der Empa in St. Gallen zusätzlich Raum für ein Technologie- und Innovationszentrum zu schaffen, hat das tebo im November 2014 einen Mietvertrag für 1000 Quadrat-

**2**  
Gelände mit Potenzial: Auf dem heutigen Tagblatt-Areal entsteht ein Innovationszentrum; rechts das Empa-Gebäude am Standort St. Gallen (Bild: St. Galler Tagblatt, Ralph Ribi).



#### Kontakt

Mario Jenni  
mario.jenni@empa.ch

Peter Frischknecht  
peter.frischknecht@empa.ch

meter im benachbarten Tagblatt-Gebäude abgeschlossen. 2015 wird das Gebäude von der Empa her zugänglich gemacht; Ende 2015 soll das neue Technologie- und Innovationszentrum eröffnet werden.

#### Enge Zusammenarbeit mit Universität und Fachhochschule St. Gallen

Die Empa arbeitet im Rahmen der «STARTFELD»-Initiative eng mit der Universität und der Fachhochschule St. Gallen zusammen. 2014 wurden knapp 100 Projekte für Firmengründungen evaluiert. Elf davon bekamen ein Förderpaket in Form von Dienstleistungsschecks und Unternehmercoaching. Der Firma Meteomatics GmbH wurde zusätzlich ein Darlehen in Höhe von 300000 Franken für ihr Drohnennetzwerk gewährt. Meteomatics startete 2012 und ist auf die besonderen IT-Bedürfnisse der Wetter- und Energiebranche sowie des Rohstoffhandels spezialisiert. Das inzwischen siebenköpfige Team entwickelte eine Drohne, die eine sehr genaue Wettervorhersage für die kommenden 24 Stunden ermöglicht. Exakte Wetterprognosen sind für Energieproduzenten, die Versicherungsbranche, im Bereich der Aviatik, bei Tradingunternehmen sowie im Strassen- und Schie-

nenverkehr von enormer Bedeutung. Der Unterschied zwischen einer richtigen und einer falschen Prognose kann Unternehmen in diesen Branchen schnell einmal mehrere Millionen kosten. Um die Wetterdaten schweizweit erfassen zu können, plant Meteomatics ein Netzwerk von rund zwei Dutzend Drohnen. Unterstützung erhält die Jungfirma von MeteoSchweiz und vom Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL). Das Sensornetzwerk könnte in Zukunft aber auch für Projekte der Empa im Zusammenhang mit Luftfremdstoffen von Interesse sein. //





# Zusammenarbeit schafft erfolgreiche Innovationen

1

NEST-Spatenstich am 26. August 2014: Walter Steinmann, Direktor des Bundesamts für Energie (BFE); Empa-Direktor Gian-Luca Bona; Janet Hering, Direktorin der Eawag; der Stadtpräsident von Dübendorf, Lothar Ziörjen; der Zürcher Regierungsrat Markus Kägi und Architekt Fabio Gramazio, der NEST entworfen hat.

**NEST**   
*exploring the future of buildings*



1

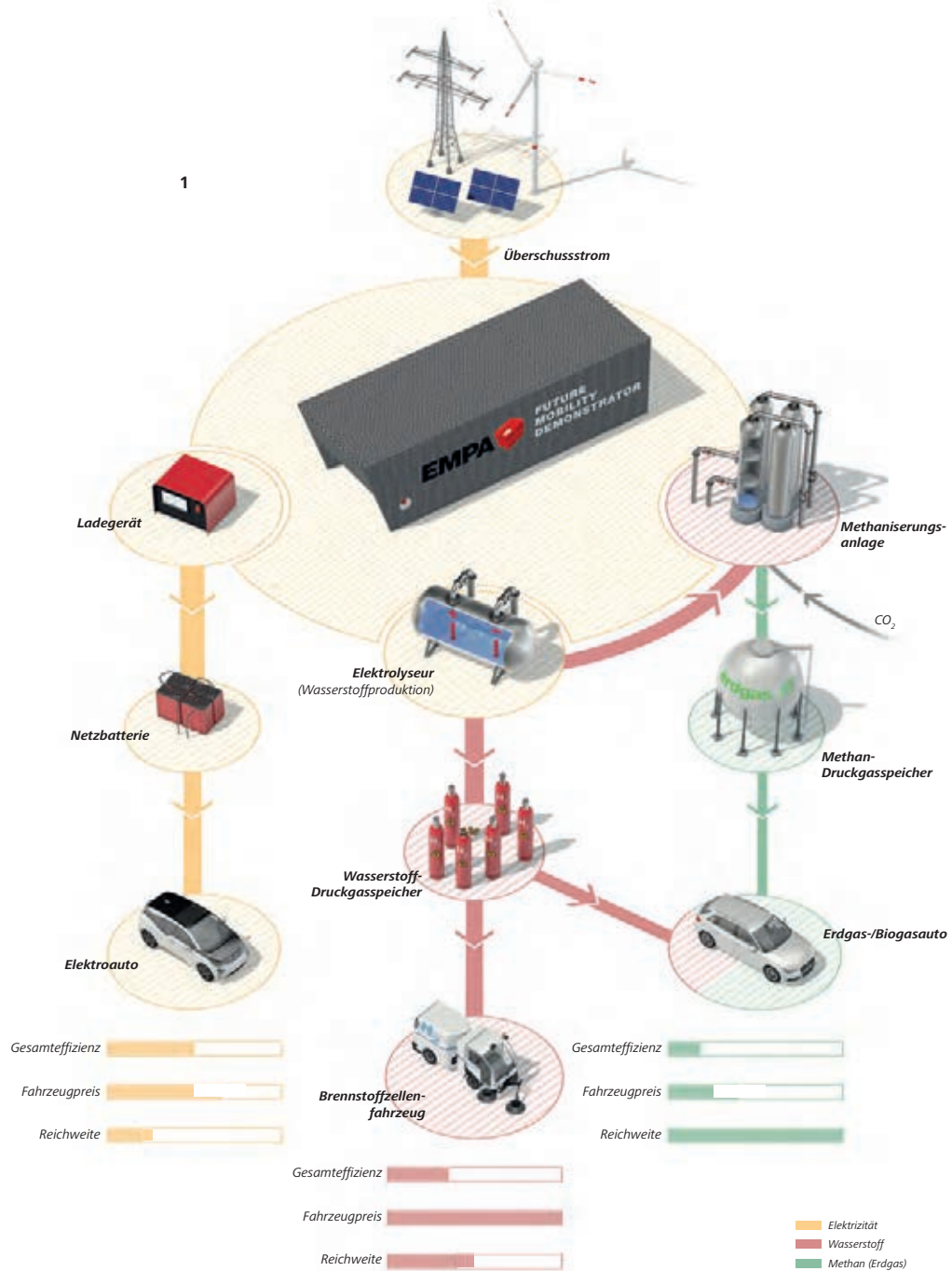
Eine enge Kooperation mit Wirtschafts- und Industriepartnern hatte für die Empa schon immer grosse Bedeutung. Neben der intensiven Zusammenarbeit in zahlreichen Forschungsprojekten konzentrierte sich die Empa 2014 vor allem auf die Entwicklung gemeinsamer Forschungsplattformen und Demonstratoren mit dem Ziel, neue Technologien (noch) schneller und effizienter zur Marktreife zu bringen.

## «NEST» – Baubeginn für den Innovationskatalysator im Baubereich

Mit einem feierlichen Spatenstich startete Ende August auf dem Empa-Campus in Dübendorf der Bau des modularen Forschungs- und Innovationsgebäudes «NEST», ein gemeinsames Projekt von Wirtschaft, Forschung und öffentlicher Hand unter der Leitung der Empa und der Eawag. Das mehrgeschossige Experimentalgebäude besteht aus einem Kern, dem sogenann-

ten «Backbone» mit drei offenen Plattformen, auf denen mehrere unabhängige Forschungs- und Innovationsmodule per «plug-and-play» installiert werden können. In diesen sogenannten «Units» sollen zukünftige Wohnungen, Büro- und Konferenzräume unter alltagsnahen Bedingungen erforscht, erprobt und weiterentwickelt werden. Fünf Teams haben mit der Umsetzung ihrer Module bereits begonnen.

1



## Kontakt

Gabriele Dobenecker  
gabriele.dobenecker@empa.ch

### «Future Mobility» – die Sonne im Tank

Im Grossprojekt «Future Mobility» will die Empa aufzeigen, wie sich lokal und nachhaltig produzierte Energie nutzen lässt, um damit importierte fossile Energieträger als Treibstoffe zu ersetzen. Dazu wurde auf dem Empa-Campus in Dübendorf ein Demonstrator aufgebaut, der es der Empa und ihren Industriepartnern ermöglicht, zukunftsweisende Konzepte zu entwickeln und im Zusammenspiel mit realen Nutzern auf ihre Praxistauglichkeit zu testen. Future Mobility soll aufzeigen, wie derartige Anlagen dimensioniert, betrieben und mit welchen Anwendungen sie kombiniert werden müssen, um ökologisch und ökonomisch sinnvoll zu sein.

### Siebter «Empa Innovation Award» vergeben

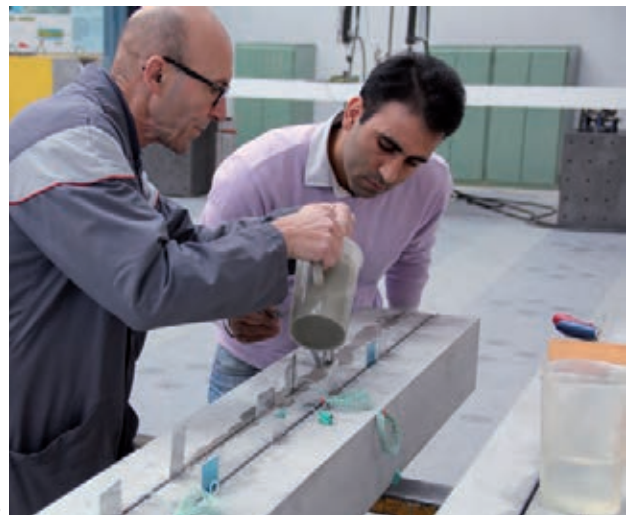
Bereits zum siebten Mal zeichnete die Empa Forschungsteams aus, die mit ihrer angewandten und marktorientierten Forschung erfolgreich die Brücke zwischen Wissenschaft und Wirtschaft geschlagen haben. Das Gewinnerprojekt setzt Formgedächtnislegierungen zur Vorspannung grosser Betontragwerke ein, was bislang ein viel zu teures Unterfangen war. Die neu entwickelte, auf Eisen basierende Formgedächtnislegierung hat dies grundlegend verändert und erfüllt bezüglich Phasenumwandlungstemperatur und Korrosionsverhalten alle Anforderungen, um in Betonstrukturen eingesetzt werden zu können. Die Technologie wird derzeit durch das Empa Spin-off re-Fer AG auf den Markt gebracht. //

#### 1

«Future Mobility»: Verschiedene Technologien sollen zeigen, wie überschüssiger Strom ökonomisch am sinnvollsten in nachhaltigen Treibstoff umgewandelt werden kann.

#### 2

Formgedächtnislegierungen können auch für Anwendungen im Bauwesen genutzt werden: Empa-Ingenieure mörteln Lamellen aus Formgedächtnisstahl in einen Betonträger ein.



2

# Weltweites Netzwerk im Zeichen der Innovation

**W**issen und technisches Know-how sind globale Güter. Um diese zu erarbeiten und in die Praxis zu transferieren, kooperiert die Empa denn auch mit zahlreichen internationalen Partnern. Das zeigt sich unter anderem in den wissenschaftlichen Publikationen der Empa-Forscherinnen und -Forscher: Deutlich mehr als die Hälfte wurden mit ausländischen Partnern veröffentlicht.

## Europäisches Flaggschiff ...

Graphen gilt als Material mit einem enormen Potenzial für die Entwicklung innovativer Technologien in ganz unterschiedlichen Bereichen wie Elektronik, Photonik oder Sensorik. Aus diesem Grund fördert etwa die EU seit vergangenem Jahr die Graphenforschung als eines von lediglich zwei «Flagship Projects». In diesem Grossprojekt ist auch die Empa vertreten. Im November trafen sich Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen der Arbeitsgruppe «Gesundheit und Umwelt» aus neun europäischen Ländern zu ihrem alljährlichen Meeting an der Empa in St. Gallen und diskutierten mögliche Anwendungen von graphenbasierten Materialien in der Biomedizin sowie Aspekte der Sicherheitsforschung und Toxikologie dieser neuen Materialklasse.

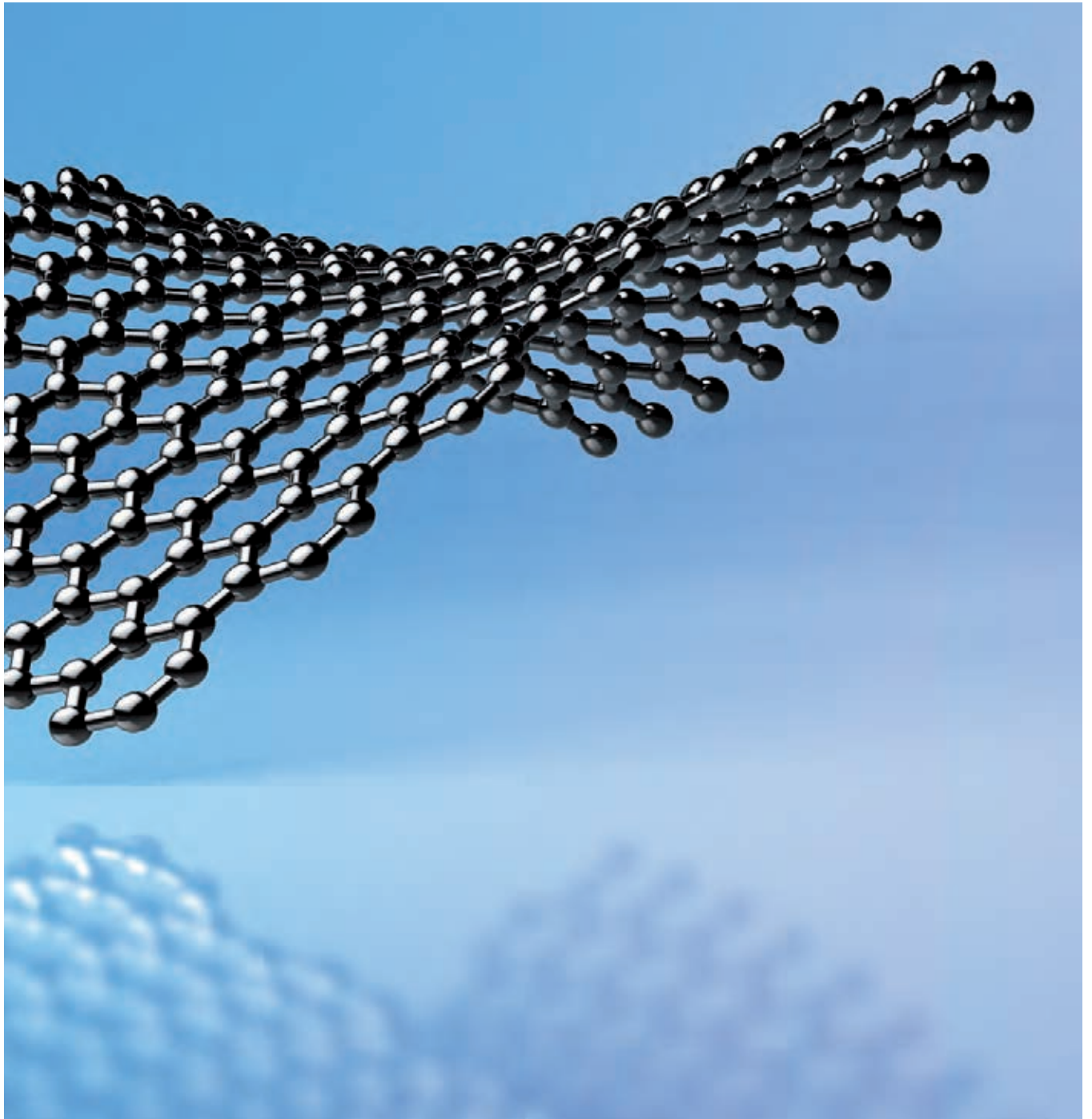
Mit Anne Glover, «Chief Scientific Adviser» des damaligen Präsidenten der Europäischen Kommission, José Manuel Bar-

roso, machte im Mai 2014 gleich noch ein Gast «aus Brüssel» an der Empa Halt. Die Biologin, die an der University of Aberdeen einen Lehrstuhl für Molekular- und Zellbiologie innehat, diskutierte auf einem Rundgang durch verschiedene Empa- und Eawag-Labors mit Empa-Direktor Gian-Luca Bona Themen wie die Internationalisierung von Lehre und Forschung und wie der Technologietransfer zwischen Forschung und Industrie effizienter gestalten werden könnte.

Umgekehrt nahm Empa-Direktor Bona am Jahresempfang des Schweizerischen Nationalfonds (SNF) bei SwissCore, dem SNF-Verbindungsbüro für europäische Forschung und Innovation, sowie an einer Veranstaltung der Ständigen Mission der Schweiz bei der EU in Brüssel teil, wo mit EU-Partnern über die Umsetzung von Spitzenforschung in Innovationen für den Markt diskutiert wurde. Vor allem dank der Unterstützung in EU-Projekten konnte die Empa verschiedene innovative Materialansätze in neue Anwendungen überführen, etwa flexible Dünnschichtsolarzellen, deren Entwicklung über mehr als 15 Jahre öffentlich gefördert wurde, bis sie schliesslich mit einer Effizienz von über 20 Prozent zum Erfolg führte.

## ... und UN-Bericht zur Ozonschicht

Um den aktuellen Stand und die Zukunft der Ozongefährdung zu beleuchten, veröffentlicht das Umweltprogramm der Verei-



ten Nationen (UNEP) seit 1987 – der Unterzeichnung des Montreal-Protokolls, das verschiedene «Ozonkiller» verbietet – regelmässig Expertenberichte. Am jüngsten Bericht, der am 10. September 2014 am UN-Sitz in New York vorgestellt wurde, hatte der Empa-Forscher Stefan Reimann als «Lead Author» einen wesentlichen Anteil. Jüngstes Fazit des internationalen Gremiums: Das Ozonloch über der Antarktis hat sich seit der Jahrtausendwende stabilisiert. Modellrechnungen ergeben, dass die Ozonschicht im Jahr 2050 wieder im Zustand von 1980 sein dürfte.

### Brückenschlag nach Nordamerika

Zusammen mit swissnex und der Eawag organisierte die Empa im Oktober den ersten «North American Science Day», eine Veranstaltung für den Erfahrungsaustausch zwischen Forschenden und Unternehmen aus Kanada und den USA sowie der hiesigen Forschungs- und Start-up-Szene. Neben der kanadischen Botschafterin in der Schweiz, Jennifer MacIntyre, referierten unter anderem Vertreter des Staatssekretariats für Bildung, Forschung und Innovation (SBFI), des Bundesamts für Energie (BFE) sowie die Direktoren von Empa und Eawag über die internationale Zusammenarbeit vor allem bei der nachhaltigen Nutzung unserer Rohstoff- und Energieressourcen.

Im Gegenzug eröffnete Empa-Direktor Bona im Oktober einen Energie-Workshop der wichtigsten US-Universitäten zum Thema «Solare Energieumwandlung» mit einer «Keynote Lecture» – eine besondere Auszeichnung, wurde Bona doch als einziger Nichtamerikaner zur Konferenz in Arizona eingeladen. Dabei wurden Themen wie Photovoltaik, Photokatalyse und neue Energiespeicherkonzepte diskutiert und neue Kooperationsprojekte erarbeitet, die nun mittels Anschubfinanzierung unterstützt werden.



1



2

**1**  
Die wissenschaftliche Chefberaterin der EU-Kommission, Anne Glover, liess sich die Empa-Forschung im Bereich «Materials Meet Life» von Kommunikationschef Michael Hagmann erklären.

**2**  
Tanja Zimmermann, Leiterin der Empa-Abteilung «Angewandte Holzforschung» (links), erklärt anlässlich des «North American Science Day» der kanadischen Botschafterin in der Schweiz, Jennifer MacIntyre (Mitte), und der Direktorin der Eawag, Janet Hering, wie sich mit Schwämmen aus modifizierter Nanozellulose Ölverunreinigungen in Gewässern aufsaugen lassen.

**3**  
«Biosphere 2» in Arizona, wo US-Forscher mit Empa-Direktor Gian-Luca Bona Möglichkeiten der solaren Energieumwandlung diskutierten (Bild: iStockphoto).



3

### Schweiz – Asien: starke Bande

Seit einiger Zeit pflegt die Empa enge Beziehungen zu verschiedenen asiatischen Ländern. Neben der engen Kooperation mit dem japanischen «National Institute for Materials Science» (NIMS), mit dem die Empa unter anderem seit 2014 das wissenschaftliche Open Access-Journal «Science and Technology of Advanced Materials» herausgibt, wurden im vergangenen Jahr unter anderem die Kontakte mit Südkorea und China intensiviert, vor allem im Bereich Nanotechnologie. So unterstützte die Empa den Aufbau des neuen Koreanischen Zentrums für Nanosicherheit und Messtechnik und war an mehreren Konferenzen in Seoul, Tokio und Bangkok vertreten. Bei Gesprächen unter der Leitung des für Technologie und Forschung zuständigen thailändischen Vizepremierministers, Yongyuth Yuthavong, diskutierte eine internationale Forscherdelegation die Weiterentwicklung der Nanotechnologie in den verschiedenen Weltregionen – nebst Empa-Vertreter Harald Krug waren der NIMS-Direktor Ikatsu Ushioda, der Leiter der US-amerikanischen «National Nanotechnology Initiative», Mihail Roco, der Direktor des «Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology», Bong Hyun Chung, und der Direktor des thailändischen NANOTEC Instituts, Sirirung Songsivilai, vertreten. //

# Vielseitiges Programm mit zahlreichen Highlights

**1**  
Fröhliche Gesichter am «North American Science Day».

**2**  
«Wie klein ist eigentlich ein Nanopartikel? – ein Vergleich zeigt's: Ein Nanopartikel verhält sich zu einem Fussball wie der Fussball zur Erde (Bild: Exponano).

**3**  
«Wie gelangen Nanopartikel in den menschlichen Körper?» – eine Frage, die an der «Expo Nano» beantwortet werden konnte.



Das Programm der Empa-Akademie bestand auch 2014 aus einem gelungenen Mix von Konferenzen, Tagungen, Kursen, Vorträgen und Ausstellungen. Mehr als 4000 Interessierte besuchten die über 80 Veranstaltungen.

## **Nano zum Anfassen und «North America Science Day»**

Von Mai bis Juli gastierte die mobile Ausstellung «Expo Nano» am Empa-Standort in St. Gallen. Die Ausstellung thematisierte auf verständliche Weise die Chancen und Risiken der Nanotechnologie und zeigte auf, wo Nanomaterialien bereits heute eingesetzt werden. Begleitend lud die Empa zu zwei öffentlichen Infoveranstaltungen, an denen Empa-Forschende die Besucherschaft in die faszinierende Welt der Nanotechnologie entführten.

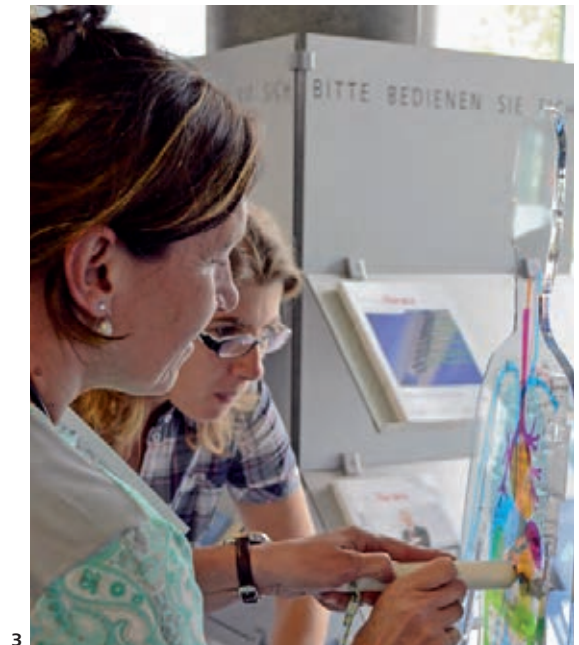
Zusammen mit swissnex und der Eawag führte die Empa-Akademie im Oktober den «North America Science Day» durch, eine Veranstaltung für den Erfahrungsaustausch zwischen Forschenden und Unternehmen aus Kanada und den USA sowie der hiesigen Forschungs- und Start-up-Szene. Neben der kanadischen Botschafterin in der Schweiz referierten unter anderem Vertreter des Staatssekretariats für Bildung, Forschung und Innovation sowie Forschende der Empa und Eawag.



Grossen Anklang fand im vergangenen Jahr auch das umfangreiche Kursprogramm für Fachleute. Ganz hoch im Kurs stand das Thema Klebetechnik. Der entsprechende Kurs wurde in Partnerschaft mit der «Fondation Suisse pour la recherche en microtechnique» (FSRM) durchgeführt, wegen der grossen Nachfrage gleich zweimal. Fachleute aus der Schweizer Industrie liessen sich in die Hintergründe der facettenreichen Welt der Klebetechnik einführen, konnten eigene Probleme einbringen und das vermittelte Wissen an konkreten Versuchen anwenden.

### 50 Jahre Akustikforschung an der Empa

Die Empa-Abteilung «Akustik/Lärmminderung» feierte im Sommer 2014 ihr 50-jähriges Bestehen mit einem grossen Symposium; seit Anfang der 1960er-Jahre tragen die Forschenden zu Innovationen in Sachen Lärmschutz und -forschung bei. Obwohl die Fortschritte im Bereich Lärmschutz in den letzten Jahren beachtlich sind – wie der interessante und umfassende Rückblick den mehr als 150 Teilnehmenden zeigte –, gibt es nach wie vor viel zu tun. Entsprechenden Raum bekamen auch die Übersichten über die aktuellen Tätigkeiten und der Ausblick in die Zukunft. //



# Forschung und Innovation vermitteln

**M**it zwei Zielgruppen der Empa war der Dialog im vergangenen Jahr besonders intensiv. Da war zum einen der Nachwuchs, sprich: Kantonsschulklassen, die die Empa besucht haben – erfreulicherweise in steigender Zahl. Zum anderen waren da «offizielle» Delegationen aus dem Ausland sowie aus der Schweizer Verwaltung auf verschiedenen Ebenen, mit denen die Empa in regem Kontakt stand (und steht).

## **Faszination für Forschung wecken**

Beim Kontakt mit Schülern und Schülerinnen – also den Forschenden von morgen – geht es für die Empa in erster Linie darum, dem Nachwuchs die faszinierende Welt der wissenschaftlichen Forschung nahezubringen. Dies funktioniert am besten bei einem Laborbesuch. Im vergangenen Jahr zählte die Empa knapp 3000 Besucherinnen und Besucher, so viele wie nie zuvor, darunter rund 400 Kantonsschüler und -schülerinnen, auch dies ein neuer Höchstwert. Forschende der Empa und aus den Spin-off-Firmen erklären dabei mit Begeisterung – und anhand persönlicher Erfahrungen –, wie spannend und inspirierend es ist, in der ersten Reihe dabei zu sein, wenn Innovation entsteht.

Um den wissenschaftlichen Nachwuchs geht es auch beim seit Mai aktiven Empa-Portal auf iTunesU, der Plattform des iTunes-Store für internationale Forschungsinstitutionen. Die Empa bietet darauf (als eine der ersten Schweizer Forschungs-

einrichtungen) in Form von Podcasts Einblick in ihre Forschungsaktivitäten sowie Referate und Vorlesungen von Empa-Forschenden, aber auch von namhaften Gastreferenten.

## **Regierungs- und Verwaltungsdelegationen aus dem In- und Ausland**

Neben der Industrie sind Vertreter von Regierung und Verwaltung die wichtigsten Partner der Empa, mit denen sie sich regelmässig austauscht. So war Anfang Oktober Bundesrat Johann Schneider-Ammann zu Besuch an der Empa in Dübendorf anlässlich einer Informationsveranstaltung des «Swiss Competence Center for Energy Research» (SCCER) zum Thema «Future Energy Efficient Buildings and Districts», das von der Empa geleitet wird. Der oberste Dienstherr der Empa informierte sich dabei über die Arbeiten im Rahmen des Aktionsplans «Koordinierte Energieforschung Schweiz», die von der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) gefördert werden. Im Fokus standen Methoden zur energetischen Sanierung von Altbauten sowie Windkanalforschung im Bereich Städtebau und Mobilitätskonzepte auf Basis erneuerbarer Energien.

Energie- und Forschungsthemen standen auch Ende August beim Besuch von Thomas Zwiefelhofer, dem stellvertretenden Regierungschef und Wirtschaftsminister des Fürstentums Liechtenstein, im Zentrum. Dabei wurden Möglichkeiten einer ver-

1 Empa-Portal auf iTunesU, der Plattform für internationale Forschungsinstitutionen.

Mein iTunes U Neu Listen iTunes Store

iTunes U > EMPA - Swiss Federal Laboratory for Materials Science & Technology

# EMPA

Materials Science & Technology

Lectures, Courses and Education Highlights ▾

**EMPA**

Empa Colloquia,  
Seminars & Events

**EMPA**

Education @ Empa

**EMPA**

Swiss  
NanoConvention...

Research and Innovation Highlights ▾

**EMPA**

Energy

**EMPA**

Environment &  
Sustainability

**EMPA**

Functional Fibres and  
Textiles

**EMPA**

Investigative Material  
Science

**EMPA**

Life Sciences, Health,  
Bio- & Medtech

**EMPA**

Mechanical and  
Structural Engineering

**EMPA**

Mobility

Welcome Highlights ▾

**EMPA**

Empa in Brief

**EMPA**

Empa's Annual  
Reports

**EMPA**

EmpaNews –  
Magazine for Resear...

**EMPA**

EmpaNews – Das  
Forschungsmagazin...

## Kontakt

Dr. Michael Hagmann

[michael.hagmann@empa.ch](mailto:michael.hagmann@empa.ch)

tieften Zusammenarbeit zwischen Liechtenstein und der Empa diskutiert, sei dies in der Forschung generell oder spezifisch im Energiebereich. Die Empa ist bereits heute durch die Kooperation mit liechtensteinischen Unternehmen und als Forschungspartner des Forschungs- und Innovationszentrums «RhySearch» in Buchs mit dem Fürstentum verbunden.

Daneben statteten auch verschiedene Bundesämter der Empa einen Besuch ab, etwa das Bundesamt für Energie (BFE) und das Bundesamt für Umwelt (BAFU), mit denen die Empa bereits seit Jahren eng zusammenarbeitet. Aber auch knapp ein Duzend Delegationen aus dem Ausland, vor allem aus Russland, China und Korea, konnte die Empa 2014 an ihren Standorten in Dübendorf und St. Gallen willkommen heissen.

### Stoff für einen Roman

Und dann war da noch der erste Auftritt der Empa (und von Empa-Forscher Marcel Gauch sowie des ehemaligen Direktionsmitglieds Xaver Edelmann) in einem Roman: Der Spionage-Thriller «Projekt Black Hungarian» ist «inspiriert von tatsächlichen Ereignissen während der Elektroauto-Rallye WAVE 2013» und verknüpft aktuelle Entwicklungen im Bereich E-Mobilität und IT-Sicherheit mit einer fiktiven Spionagegeschichte, die an den Orten der WAVE-Rallye spielt, unter anderem an der Empa in St. Gallen. Stellt sich die Frage: Wer imitiert da nun wen – das Leben die Kunst oder umgekehrt? //

1

Bundesrat Johann Schneider-Ammann bei seinem Besuch an der Empa in Dübendorf Anfang Oktober.



1

2

Empa-Direktor Gian-Luca Bona diskutierte im August Forschungs- und Energiethemen mit dem liechtensteinischen Regierungschef-Stellvertreter, Thomas Zwiefelhofer. Mit auf dem Bild Empa-Direktionsmitglied Peter Richner und Simon Biedermann, persönlicher Mitarbeiter von Thomas Zwiefelhofer (von links).



2

3

Der Spionage-Thriller «Projekt Black Hungarian» verknüpft aktuelle Entwicklungen im Bereich E-Mobilität und IT-Sicherheit mit einer fiktiven Spionagegeschichte, die unter anderem an der Empa in St. Gallen spielt.



3



# Auf gutem Weg

Chancengleichheit und Vielfalt spielen an der Empa eine grosse Rolle. Zahlreiche Aktivitäten wie das Sommercamp und der Zukunftstag sind fast schon «traditionelle» Fixpunkte der Empa-Jahresplanung. Dazu kamen im vergangenen Jahr einige nicht ganz alltägliche Ereignisse.

## «Prix Balance<sup>ZH</sup>» für die Empa

Mit dem «Prix Balance<sup>ZH</sup>» zeichnen die Fachstelle für Gleichstellung von Mann und Frau sowie die Standortförderung des Kantons Zürich Organisationen aus, die ihren Angestellten mit besonderen Arbeitsbedingungen die Vereinbarkeit von Berufs- und Privatleben erleichtern. Die Jury liess sich vom breiten und flexiblen Angebot der Empa überzeugen und verlieh dem Forschungsinstitut den diesjährigen «Prix Balance<sup>ZH</sup>».

Vereinbarkeit von Berufs- und Privatleben stand auch im Zentrum des zweiten Netzwerktreffens der Fachstelle UND Familien- und Erwerbstätigkeit für Männer und Frauen, das im März mit einem Besuch des Kinderpavillons der Empa und Eawag startete. Die Teilnehmer und Teilnehmerinnen lernten dabei Beispiele aus anderen Organisationen kennen

1

Empa-Personalchef André Schmid freute sich über den «Prix Balance<sup>ZH</sup>» – zusammen mit der Direktorin der Zürcher Handelskammer, Regine Sauter (rechts), und Christiane Löwe, Empa.

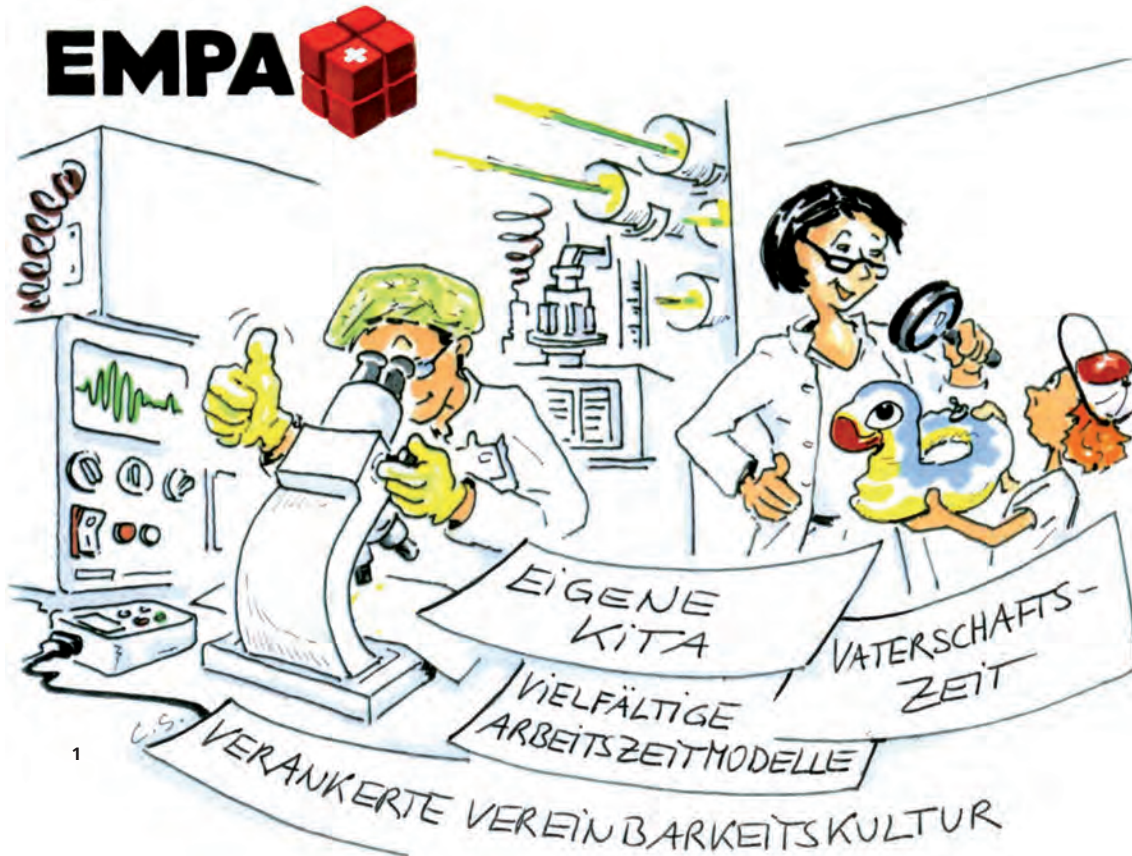


1

Der Cartoon auf der Verleihungsurkunde des «Prix Balance<sup>ZH</sup>» zeigt einige der Vorzüge der Empa, was die Vereinbarkeit von Familie und Beruf angeht.

2

Reges Interesse an der Ausstellung «Check your Stereotypes», die Ende 2014 an der Empa und Eawag gastierte.





und tauschten praktische Tipps und Anregungen aus, wie Beruf und Familie besser zu vereinbaren wären und die Chancengleichheit von Mann und Frau sich erhöhen liesse.

Im Frühling wurde die erste Runde des Karriereförderprogramms «Fix the leaky pipeline» für junge Wissenschaftlerinnen des ETH-Bereichs erfolgreich abgeschlossen; eine zweite Runde ist bereits angelaufen. 235 Teilnehmerinnen nahmen die Gelegenheit wahr, an Informationsveranstaltungen ihr berufliches Netzwerk zu erweitern. Dabei beteiligte sich auch Tanja Zimmermann als erfolgreiche Wissenschaftlerin und Leiterin einer Forschungsabteilung an der Empa an einer Diskussion zum Thema «Weibliche Karrieren in der Akademie».

### Wanderausstellung zu Besuch

Im Dezember machte die Wanderausstellung «Check your Stereotypes» an der Empa und Eawag halt. Sie zeigte anhand verschiedener Beispiele auf, welche Stereotype im Zusammenhang mit der Studien- und Berufswahl besonders relevant sind und wie geschlechterbezogene Stereotype und Karrieren zusammenhängen. An der Vernissage erläuterte Monika Keller, eine der Macherinnen der Ausstellung, Entstehung, Hintergründe und Ziele von «Check your Stereotypes», die anlässlich des 20-Jahre-Jubiläums der Stelle für Chancengleichheit der ETH Zürich im Jahr 2013 entstand. //





## Zahlen und Fakten

Forscher messen gerne, unter anderem auch ihre eigene Leistung: 2014 haben Empa-Forscherinnen und -Ingenieure an die 500 wissenschaftliche Publikationen veröffentlicht und knapp 20 Entwicklungen zum Patent angemeldet. Ende Jahr liefen an der Empa rund 120 vom Schweizer Nationalfonds (SNF) finanzierte Projekte, mehr als 100 Projekte, die von der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) unterstützt werden, und mehr als 60 EU-Projekte – insgesamt ein neuer Spitzenwert. Zudem warb die Empa im vergangenen Jahr erstmals mehr als 70 Millionen Schweizer Franken an Drittmitteln ein. Und die 21 Spin-offs beschäftigten zusammen mit weiteren Start-ups in den beiden Business-Inkubatoren der Empa insgesamt knapp 300 Mitarbeitende, Tendenz steigend.

# Kennzahlen

## PERSONALBESTAND (PER 31. DEZEMBER 2014)

	2013	2014
<b>Wissenschaftliches Personal</b>	<b>516</b>	<b>537</b>
Davon ProfessorInnen	25	23
Davon Doktorierende	131	143
Davon wissenschaftl. Personal ohne Prof./Doktorierende	360	371
<b>Technisches/administratives Personal</b>	<b>442</b>	<b>456</b>
Davon Lernende	38	43
<b>Total</b>	<b>958</b>	<b>993</b>

## ERFOLGSRECHNUNG (IN MIO. CHF)

	2013	2014
<b>Ertrag</b>		
Finanzierungsbeitrag Bund	97,3	106,9
Massnahmen «Frankenstärke»	0,0	0,0
Zweit-/Drittmittel	61,4	72,6
Davon Dienstleistungserlöse	14,6	15,3
Übrige Erträge	2,0	2,1
Finanzerträge	0,4	0,2
<b>Total Ertrag</b>	<b>161,1</b>	<b>181,8</b>
<b>Aufwand</b>		
Personalaufwand	106,5	107,2
Materialaufwand	5,1	5,7
Übriger Sachaufwand	36,3	35,1
Veränderung Leistungsversprechen	0,0	2,7
Zunahme Rückstellungen für Projekte	4,6	19,1
<b>Total Aufwand laufende Aktivitäten</b>	<b>152,5</b>	<b>169,8</b>
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>8,6</b>	<b>12,0</b>
<b>Investitionen</b>		
Immobilien	4,3	5,3
Mobilien	8,3	9,1
Informatik	0,5	0,5
<b>Total Investitionen</b>	<b>13,1</b>	<b>14,9</b>

## WISSENSCHAFTLICHER OUTPUT

	2013	2014
ISI-Publikationen	527	486*
Konferenzbeiträge	1134	1222
Doktoratsabschlüsse	26	32
Laufende Doktorate	188	171
Lehrtätigkeit (in Stunden)	3885	3732
Preise/Auszeichnungen	45	62

\* neue Zählweise

## MEDIENPRÄSENZ

	2013	2014
Radio & TV	100	73
Print	845	1000
Online	1795	2750
Total	2740	3830
Sprachen	31	30

## EMPA-AKADEMIE

	2013	2014
Empa-Veranstaltungen	88	81
Teilnehmende	4500	4100
Wissenschaftliche Tagungen	13	15
Fachveranstaltungen für die Wirtschaft	35	33



## WISSENS- UND TECHNOLOGIETRANSFER

	2013	2014
Neue F&E-Vereinbarungen	111	127
Aktive Verwertungsverträge (Lizenz/Option/Verkauf)	83	75
Neue Verwertungsverträge	19	16
Neue Patentanmeldungen	14	18



## SPIN-OFFS UND START-UPS (tebo und glaTec)

	2013	2014
<b>Firmen gesamt</b>	<b>32</b>	<b>37</b>
Davon Spin-offs	18	21
<b>Mitarbeitende gesamt</b>	<b>250</b>	<b>281</b>
Davon Mitarbeitende der Spin-offs	94	102



## LAUFENDE PROJEKTE

	2013	2014
SNF	110	119
KTI	108	103
EU	62	63

## **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

Lino Guzzella **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 Kantonalbank, Lausanne

## **Industriebeirat**

Der Industriebeirat 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

Andreas Hafner **Dr.**, BASF, Basel

Markus Hofer **Dr.**, Bühler, Uzwil

Peter Kupferschmid **Dr.**, Meggitt Sensing Systems, Fribourg

Robert Frigg **Prof. Dr. mult. h.c.**, MEDTECinside, Bettlach

Urs Mäder **Dr.**, Sika, Zürich

Jan-Anders Manson **Prof. Dr.**, EPF Lausanne

Markus Oldani **Dr.**, ALSTOM, Baden

Andreas Schreiner **Dr.**, Novartis, Basel

Eugen Voit **Dr.**, Leica Geosystems, Heerbrugg

## **Forschungskommission**

Die Forschungskommission berät die Empa-Leitung in Forschungsfragen, bei der Wahl des F + E-Spektrums und bei der Evaluation von F + E-Projekten.

### **MITGLIEDER**

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

# Organigramm

Stand April 2015

## RESEARCH FOCUS AREAS

(Forschungsschwerpunkte)

### Nanostrukturierte Materialien

Dr. Pierangelo Gröning

### Sustainable Built Environment

Dr. Peter Richner  
Dr. Giovanni Terrasi

### Gesundheit und Leistungsfähigkeit

Dr. Alex Dommann

### Natürliche Ressourcen und Schadstoffe

Dr. Brigitte Buchmann

### Energie

Dr. Peter Richner  
Urs Elber

## DIREKTION

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

## DEPARTMENTE

Moderne Materialien und Oberflächen	Bau- und Maschineningenieurwesen	Materials Meet Life
Dr. Pierangelo Gröning	Dr. Peter Richner	Dr. Alex Dommann
<b>Zentrum für Elektronenmikroskopie</b> Dr. Rolf Erni		<b>Zentrum für Röntgenanalytik</b> Dr. Antonia Neels
<b>ABTEILUNGEN</b>		
<b>Hochleistungskeramik</b> Prof. Dr. Thomas Graule	<b>Strassenbau/Abdichtungen</b> Prof. Dr. Manfred Partl	<b>Schutz und Physiologie</b> Dr. René Rossi
<b>Fügetechnologien und Korrosion</b> Dr. Lars Jeurgens	<b>Angewandte Holzforschung</b> Dr. Tanja Zimmermann	<b>Advanced Fibers</b> Prof. Dr. Manfred Heuberger
<b>Nanoscale Materials Science</b> Prof. Dr. Hans Josef Hug	<b>Ingenieur-Strukturen</b> Prof. Dr. Masoud Motavalli	<b>Particles-Biology Interactions</b> Dr. Peter Wick
<b>Advanced Materials Processing</b> Prof. Dr. Patrik Hoffmann	<b>Mechanical Systems Engineering</b> Dr. Giovanni Terrasi	<b>Biointerfaces</b> Dr. Katharina Maniura
<b>nanotech@surfaces</b> Prof. Dr. Roman Fasel	<b>Multiscale Studies in Building Physics</b> Prof. Dr. Jan Carmeliet	<b>Reliability Science and Technology</b> Dr. Urs Sennhauser
<b>Werkstoff- und Nanomechanik</b> Dr. Johann Michler	<b>Mechanical Integrity of Energy Systems</b> Prof. Dr. Edoardo Mazza	
<b>Dünnschichten und Photovoltaik</b> Prof. Dr. Ayodhya N. Tiwari	<b>Center for Synergetic Structures</b> Dr. Rolf Luchsinger (PPP Empa – Festo)	
<b>Funktionspolymere</b> Prof. Dr. Frank Nüesch	<b>Beton / Bauchemie</b> Prof. Dr. Pietro Lura	
	<b>Building Energy Materials and Components</b> Dr. Matthias Koebel a. i.	
	<b>Urban Energy Systems</b> Viktor Dorer	



## WISSENS- UND TECHNOLOGIETRANSFER

### NEST

Reto Largo

### Empa-Akademie

Anja Pauling

### glaTec – Technologiezentrum in Dübendorf

Mario Jenni

### tebo – Technologiezentrum in St. Gallen

Peter Frischknecht

### Netzwerk Zuverlässigkeitstechnik

Dr. Urs Sennhauser

### International Research Cooperations

Prof. Dr. Harald Krug



portal@empa.ch

Tel. +41 58 765 44 44

[www.empa.ch/portal](http://www.empa.ch/portal)

#### Mobilität, Energie und Umwelt

Dr. Brigitte Buchmann

#### Materials for Energy Conversion

Dr. Corsin Battaglia

#### Advanced Analytical Technologies

Prof. Dr. Davide Bleiner

#### Luftfremdstoffe / Umwelttechnik

Dr. Lukas Emmenegger

#### Fahrzeugantriebssysteme

Christian Bach

#### Materials for Renewable Energy

Prof. Dr. Andreas Züttel (Antenne Sion)

#### Technologie und Gesellschaft

Heinz Böni a.i.

#### Akustik / Lärminderung

Kurt Eggenschwiler

#### 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

# Empa – The Place where Innovation Starts

Empa  
[www.empa.ch](http://www.empa.ch)

**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 58 765 69 90

