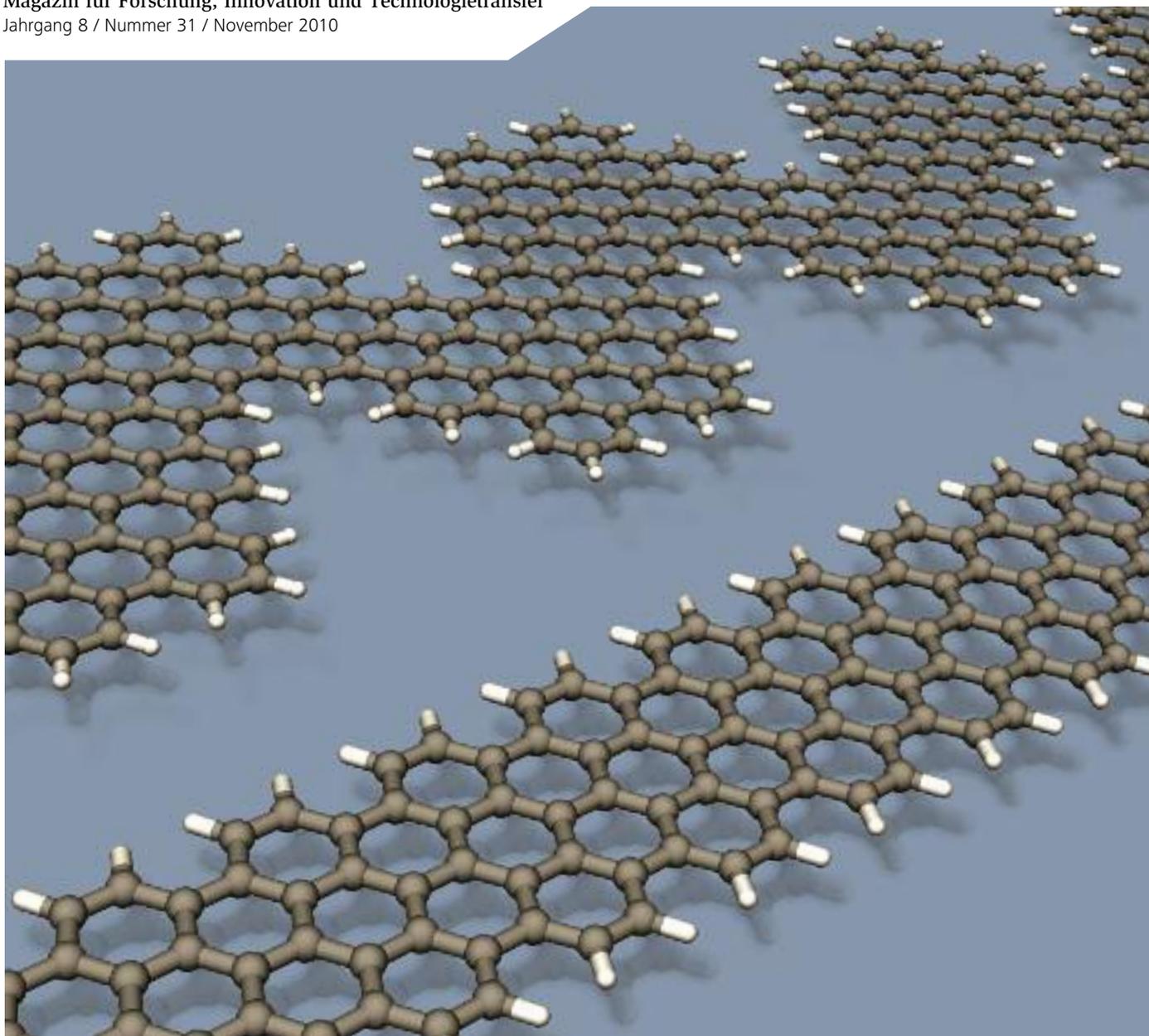


Empa **News**

Magazin für Forschung, Innovation und Technologietransfer
Jahrgang 8 / Nummer 31 / November 2010



Auf dem Weg zur Nanoelektronik 04

EMPA 
Materials Science & Technology

Ein Besuch im
Brandlabor 08

Die Schweiz erforscht
intelligente Materialien 10

Ein Jungunternehmen
erreicht den Markt 20

Gute Noten von unseren Leserinnen und Lesern

Mit dieser Ausgabe halten Sie bereits die 11. Ausgabe der EmpaNews in Händen, seitdem wir sie als modernes Forschungsmagazin neu gestaltet haben. Zeit also, Sie, werte Leserinnen und Leser, zu fragen, wie das Magazin «ankommt», was gefällt, was weniger. Genau das taten wir in der vorletzten Ausgabe. Nun liegt die Auswertung vor – und brachte Erfreuliches zutage.



Einer sehr grossen Mehrheit (96 Prozent) gefällt die EmpaNews gut bis sehr gut, und rund 90 Prozent lesen sie immer oder zumindest häufig. Vor allem Artikel über neue Forschungsergebnisse und innovative Technologien sowie Reportagen aus dem Labor in den Rubriken «Forschung und Entwicklung» beziehungsweise «Wissens- und

Technologietransfer» sind beliebt. Unser Themenmix wird als abwechslungsreich, das Layout als modern und frisch, gleichzeitig jedoch seriös wahrgenommen. Grund genug für uns, dem Rat eines Lesers zu folgen: «Weiter so!» Genau das machen wir, doch nicht ohne uns bei Ihnen für die Mitwirkung zu bedanken.

Dem Wunsch nach Laborreportagen trägt die aktuelle Ausgabe mit einem Besuch im Brandlabor der Empa (Seite 8) Rechnung, wo Brandfachleute und Ingenieure berufsmässig Produkten und Bauteilen mit Flammen zu Leibe rücken. Allerdings nicht aus purer Zerstörungswut, sondern um neue, feuersichere Produkte zu entwickeln. Neue Produkte verspricht auch die Nanoelektronik, etwa Nanobänder aus Graphen, einer Modifikation des Kohlenstoffs mit erstaunlichen Eigenschaften (Seite 4).

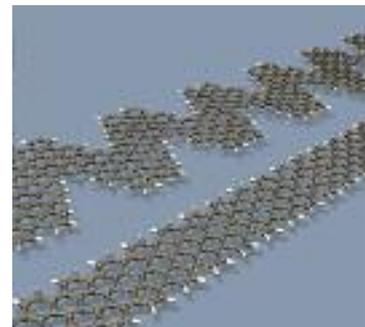
Und da es unser Ziel ist, Ihnen, liebe Leserinnen und Leser, intelligente Lektüre zu bieten, haben wir dies für einmal wörtlich genommen – daher der aktuelle Fokus auf «smarte» Materialien, Gegenstand des Anfang Jahr angelaufenen Nationalen Forschungsprogramms 62, in dem die Empa überaus erfolgreich vertreten ist.

Wir wünschen Ihnen weiterhin viel Vergnügen mit der EmpaNews und freuen uns auch ohne Umfrage über Anregungen und Tipps.

Michael Hagmann
Leiter Kommunikation



Mit Feuer zu mehr Sicherheit
Ein Besuch im Brandlabor 08



Titelbild

Empa-Forschenden ist es gelungen, nur wenige Nanometer breite Bänder aus Graphen auf Oberflächen wachsen zu lassen. Graphenbänder gelten als «heisse Kandidaten» für künftige Elektronik-anwendungen, da sich – je nach Breite und Randform – ihre Eigenschaften einstellen lassen. (Bild: Empa)



**Mit starker Empa-Beteiligung
Die Schweiz erforscht
intelligente Materialien 10**



**Mit Begeisterung dabei
«Mechanik ist hochaktuell.» 16**



**Mit Erfolg unterwegs
Ein Jungunternehmen erreicht
den Markt 20**

Impressum

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

Redaktion & Gestaltung
Abteilung Kommunikation

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

Erscheint viermal jährlich

klimaneutral gedruckt
myclimate.org / natureOffice.ch / CH-XXX-XXXXXX



ISSN 1661-173X

- Forschung und Entwicklung
- 04 **Auf dem Weg zur Nanoelektronik**
- 07 **Energiesparlampe gewinnt**
- 08 **Feuerprobe für den Brandschutz**

Fokus: Smart Materials

- 10 **Materialien mit Köpfchen**
- 16 **«Intelligente Materialien geben Ingenieuren neue Freiheitsgrade»**
- 18 **Licht im Dunkeln**
- 19 **«Erste Hilfe» bei Lecks**

- Wissens- und Technologietransfer
- 20 **«Man gewinnt nicht jeden Tag einen Preis»**

- Wissenschaft im Dialog
- 22 **«Innovation Day» der Textilindustrie**

- 24 **Veranstaltungen**

Auf dem Weg zur Nanoelektronik

Um elektronische Bauteile immer kleiner herstellen zu können, sind neue Materialien gefragt. Beispielsweise ultradünne Kohlenstoffschichten, Graphen genannt. Empa-Forschende entwickeln in internationaler Zusammenarbeit neue Methoden, um diese Schichten auf Oberflächen «wachsen» zu lassen. Damit sie etwa Graphenbänder mit den gewünschten Eigenschaften «ausrüsten» können, untersuchen die Forschenden, unter anderem mit Computersimulationen, wie diese Strukturen genau entstehen.

TEXT: Beatrice Huber / BILDER: Empa

Graphen ist ein spezielles Material: Es besteht aus einer nur ein Atom dicken Kohlenstoffschicht, in der die Atome in Sechsecken angeordnet sind und somit an Honigwaben erinnern. Graphen ist härter als Diamant, extrem reissfest, undurchlässig für Gase und ein hervorragender Wärmeleiter. Aufgerollt entstehen aus dem Material Kohlenstoffnanoröhrchen und beim Stapeln von Schichten Graphit, bekannt beispielsweise aus Bleistiftnen.

Graphen gilt ausserdem wegen seiner aussergewöhnlichen elektronischen Eigenschaften als mögliches Ersatzmaterial für Silizium in der Halbleitertechnologie. Kein Wunder zählen Graphen und verwandte Materialien momentan zu den Top-Forschungsthemen. So ging 2010 der Nobelpreis in Physik an die Begründer der Graphenforschung, Andre Geim und Konstantin Novoselov. Ihrer Forschungsgruppe war es erstmals gelungen, freistehende Graphenschichten zu präparieren. Etwas, was die Fachwelt erstaunte, denn strikt zweidimensionale Strukturen sollten eigentlich nicht stabil sein.

Ersatz für Silizium gesucht

Noch läuft in der Halbleitertechnologie fast nichts ohne Silizium. Beispielsweise in den Feldeffekttransistoren, den heute am häufigsten verwendeten Transistoren. Doch gerade für diese weist Graphen eine Eigenschaft auf, die einen gewaltigen Sprung in der Miniaturisierung ermöglichen könnte.

Feldeffekttransistoren haben grundsätzlich drei Stromanschlüsse: Source (auf Deutsch Quelle), Gate (Tor) und Drain (Abfluss). Das Gate steuert den Transistor, indem es Strom zwischen Source und Drain fliessen lässt – oder diesen unterbindet. Dazu

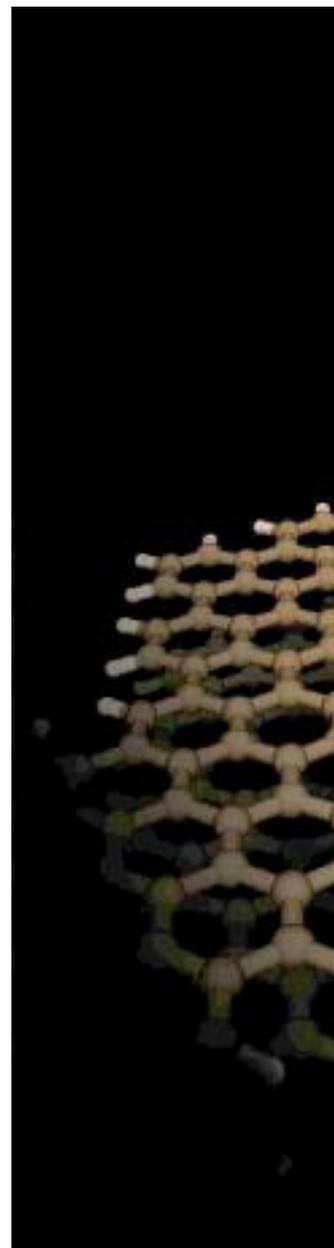
baut das Gate entweder einen «Kanal» zwischen Source und Drain auf oder schliesst diesen. Graphen ermöglicht es nun, diesen Kanal so zu bauen, dass er gerade mal eine Atomlage dick ist – ein entscheidender Schritt für die Miniaturisierung von elektronischen Bauteilen hin zur Nanoelektronik. Derart dünne «Kanäle» sind mit Silizium, dem heute gängigsten Grundmaterial in der Halbleitertechnologie, nicht möglich.

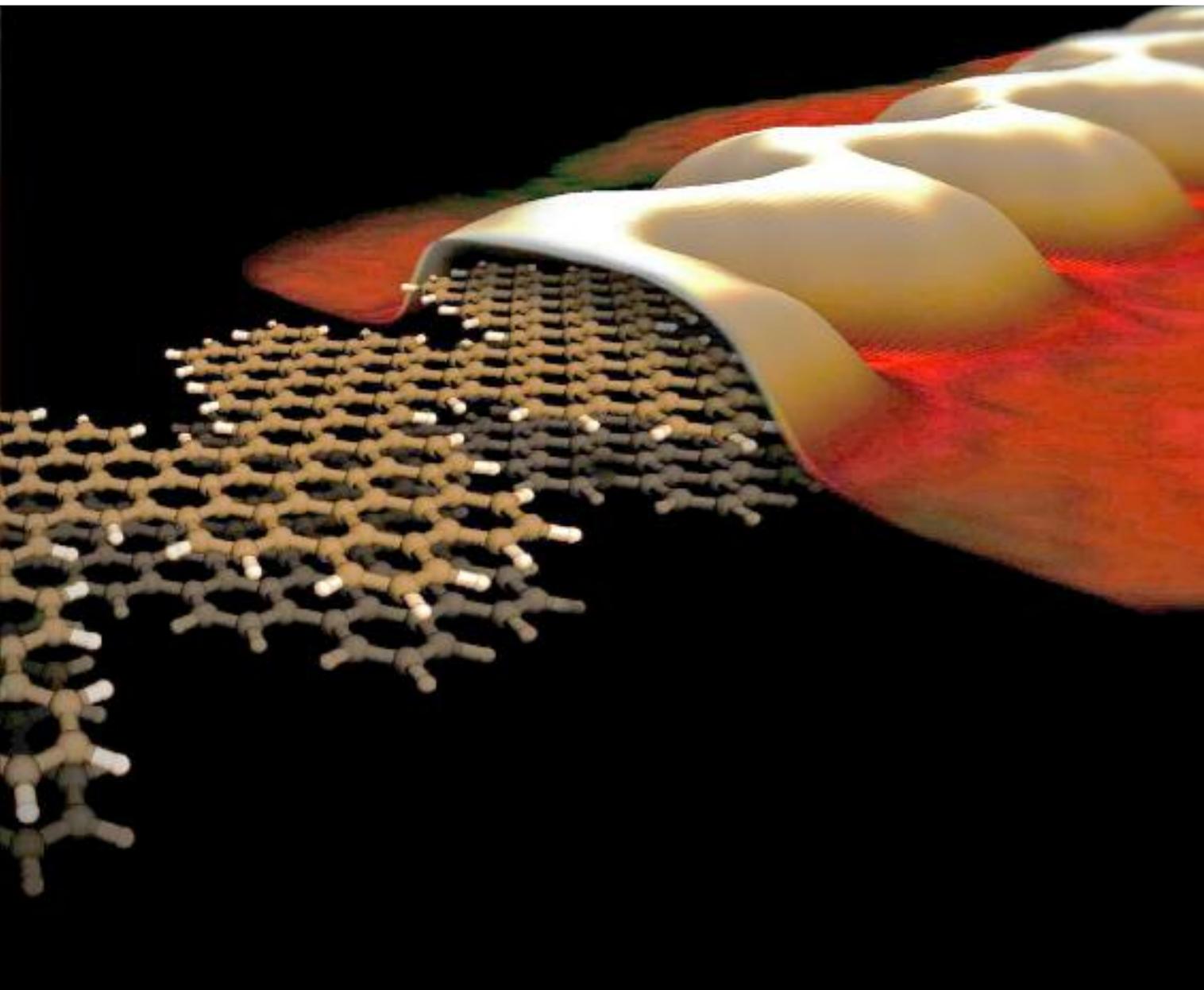
Graphen wird zum Halbleiter

Bevor Graphen und verwandte Materialien in der Halbleitertechnologie eingesetzt werden können, sind jedoch noch ein paar Hürden zu überwinden. Reines Graphen ist kein Halbleiter. Die so genannte Bandlücke, die den isolierenden Zustand ermöglicht, ist bei Graphen null. Das heisst: Graphen lässt sich nicht «ausschalten», sondern leitet immer.

Forschende der Empa-Abteilung «nanotech@surfaces» arbeiten zusammen mit Wissenschaftlern des Max-Planck-Instituts für Polymerforschung in Mainz und weiterer Institutionen an graphenartigen Materialien, die eine Bandlücke aufweisen und deren Grösse sich ausserdem noch gezielt einstellen lässt. Ein Kandidat sind ultradünne Graphenbänder; ein weiterer ist «poröses» Gra-

Strukturmodell eines Graphenbandes in Form einer Zickzacklinie.





phen, das heisst flächige Polymere mit «Löchern» von kontrollierter Grösse und räumlicher Verteilung.

Einfache Herstellung möglich

Im Fokus stehen Methoden, um diese graphenartigen Materialien mit wohl definierten Bandlücken möglichst einfach und reproduzierbar herzustellen. «Wir setzen dabei auf einen «bottom-up»-Prozess, nämlich die molekulare Selbstorganisation», erklärt Roman Fasel, Senior Scientist in der Abteilung «nanotech@surfaces». «Denn die bislang üblichen Methoden sind nicht präzise genug.» Um für Bauteile mit massgeschneiderten optischen und elektronischen Eigenschaften interessant zu sein, müssten beispielsweise die Graphenbänder deutlich unter zehn Nanometer schmal sein und dazu noch wohl definierte Ränder aufweisen. Die bislang üblichen «top-down»-Methoden erreichen dies nicht. Mit ihnen werden die Bänder beispielsweise aus Graphenschichten «geschnitten» oder Kohlenstoffnanoröhrchen der Länge nach aufgetrennt.

Molekulare Selbstorganisation schafft die nötige Präzision. Über definierte Bindungsstellen koppeln die molekularen Bausteine auf einer Oberfläche selbstständig aneinander und bilden eine regelmässige Struktur mit den gewünschten elektronischen Eigen-

schaften. Bei den Bausteinen handelt es sich um organische Moleküle, so genannte Polyphenylene, die an den «strategisch richtigen» Positionen Halogene – Brom oder Jod – aufweisen. Die Geometrie dieser Bausteine – wie viele Halogene befinden sich an welchen Positionen – bestimmt dann, wie das Endprodukt aussieht, das heisst, ob ein Band entsteht oder eine flächige Struktur mit Poren.

Bänder – nur ein Nanometer breit

Dank geeigneter Bausteine konnten die Empa-Forscher Pascal Ruffieux, Jinming Cai und Marco Bieri zusammen mit Kollegen vor kurzem atomar dünne Graphenbänder von einem Nanometer Breite und einer Länge von bis zu 50 Nanometer herstellen. «Damit sind unsere Graphenbänder so schmal, dass sie eine elektronische Bandlücke aufweisen und nun wie Silizium Schalteigenschaften besitzen», sagt Roman Fasel zum Forschungsergebnis.

Doch damit nicht genug: Je nachdem, welche Bausteine verwendet wurden, bildeten sich Graphenbänder mit unterschiedlicher räumlicher Struktur – gerade, wie eine Zickzacklinie oder mit Gabelung. Die Arbeit wurde im Juli in der renommierten Wissenschaftszeitschrift «Nature» veröffentlicht. Mit derselben Methode

konnte auch erfolgreich ein poröses Graphen hergestellt werden, dessen Poren nur wenige Atome im Durchmesser aufweisen und dessen Muster sich im Subnanometer-Massstab wiederholt. Dieses Material besitzt ebenfalls die gewünschte Bandlücke.

Reaktionsweg durch Experiment und Simulation geklärt

Damit die neue Synthesemethode allerdings zu einem zuverlässigen Instrument wird, mit dem Graphenbänder, aber auch poröse Graphene massgeschneidert hergestellt werden können, muss der Reaktionsweg im Detail klar sein. «Wir wollen ein detailliertes Verständnis der Reaktionsschritte», sagt Roman Fasel. Welche Prozesse laufen dabei ab? Welche Zwischenprodukte entstehen? Welche Kräfte sind daran beteiligt? Welche Rolle spielt die Unterlage?

Um Fragen wie diese zu beantworten, kombinieren die Forschenden experimentelle Beobachtungen – vor allem mit dem Rastertunnelmikroskop – mit Computersimulationen (zu Simulationen siehe auch EmpaNews 29). Eine Arbeit, die soeben in der Wissenschaftszeitschrift «Nature Chemistry» erschienen ist, beschreibt nun den detaillierten Reaktionsablauf, wie «Modell-Bausteine» zu einem planaren Nanographen koppeln. Diese Reaktion läuft über sechs Schritte mit fünf Zwischenprodukten. Zwei davon werden durch die Oberfläche genügend stabilisiert, dass sie mit dem Rastertunnelmikroskop identifiziert werden konnten. Und genau das wurde auch durch die Computersimulationen bestätigt.

Bis anhin liessen die Wissenschaftler die Graphenbänder und porösen Graphene auf Metalloberflächen «wachsen». Damit die Materialien allerdings für die Elektronik genutzt werden können, müssen sie auf Halbleiteroberflächen hergestellt werden. Oder es müssen Methoden entwickelt werden, um die Materialien von Metall- auf Halbleiteroberflächen zu transferieren. «Wir arbeiten momentan mit Hochdruck an beiden Varianten», sagt Roman Fasel. «Erste Ergebnisse stimmen uns bereits zuversichtlich.» //

1

Unter Ultrahochvakuumbedingungen werden die gewünschten Bausteine – im Bild 10,10'-dibromo-9,9'-bianthryl-Monomer – auf einer Goldoberfläche aufgebracht. Im ersten Reaktionsschritt koppeln die Bausteine zu Polyphenylenketten (Mitte). Im zweiten, durch stärkeres Erhitzen eingeleiteten Reaktionsschritt werden Wasserstoffatome entfernt und es entstehen planare, aromatische Graphensysteme – Graphennanobänder (rechts).

2

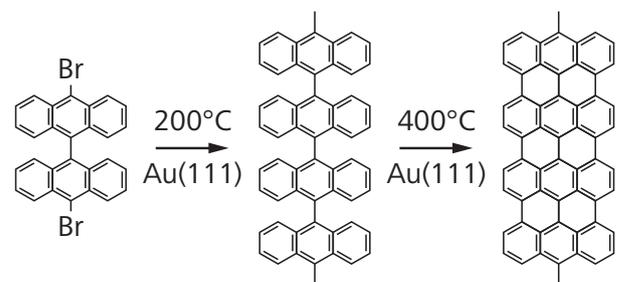
Gerade, als Zickzacklinie oder mit Gabelung: Durch die Wahl der geeigneten Bausteine lassen sich Graphenbänder in der gewünschten Form herstellen.

Literaturhinweise

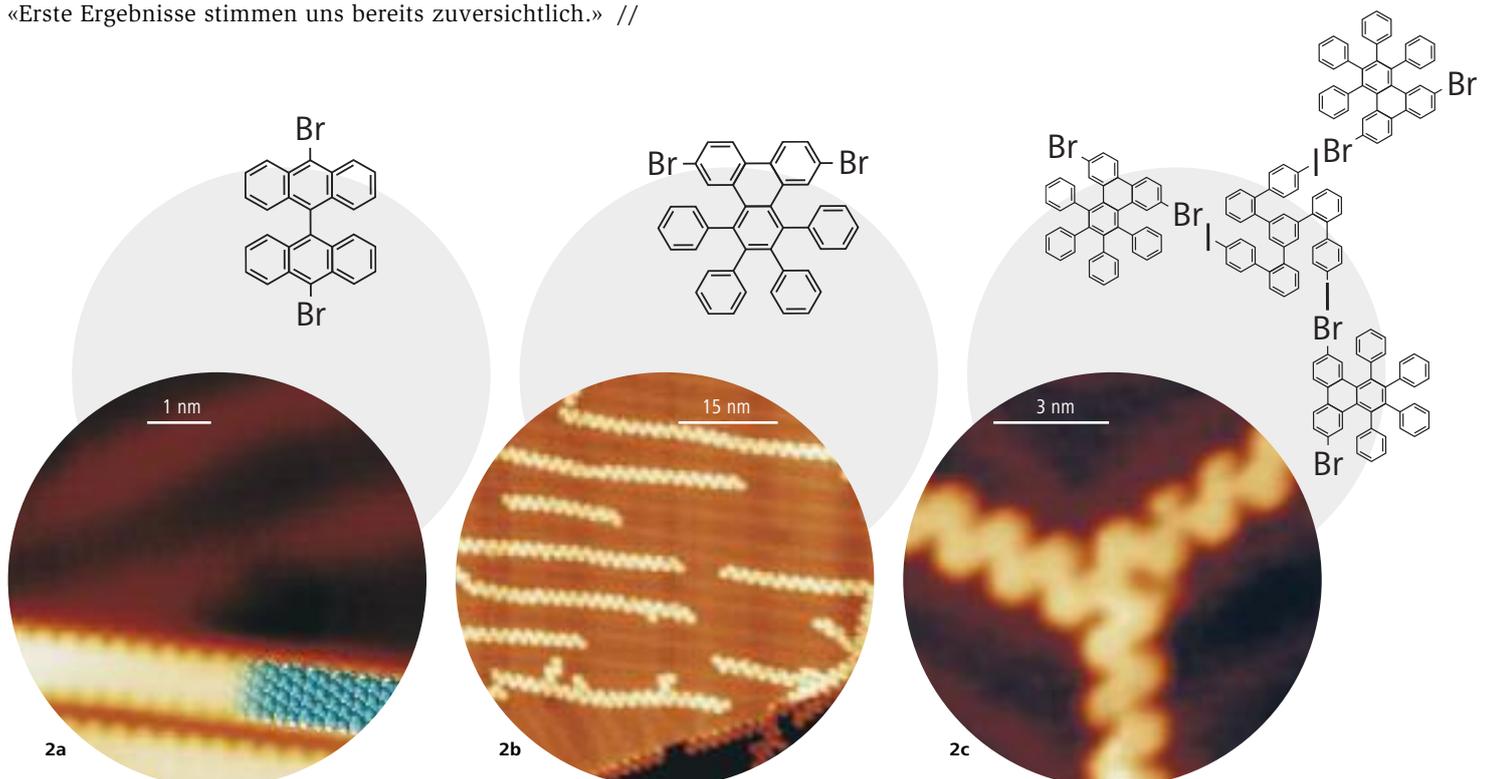
«Atomically precise bottom-up fabrication of graphene nanoribbons», J. Cai, P. Ruffieux, R. Jaafar, M. Bieri, T. Braun, S. Blankenburg, M. Muoth, A.P. Seitsonen, M. Saleh, X. Feng, K. Müllen, R. Fasel, Nature 466, 470-473 (2010)

«Porous graphenes: two-dimensional polymer synthesis with atomic precision», M. Bieri, M. Treier, J. Cai, K. Ait-Mansour, P. Ruffieux, O. Gröning, P. Gröning, M. Kastler, R. Rieger, X. Feng, K. Müllen, R. Fasel, Chem. Commun., 6919-6921 (2009)

«Surface-assisted cyclodehydrogenation provides a synthetic route towards easily processable and chemically tailored nanographenes», M. Treier, C.A. Pignedoli, T. Laino, R. Rieger, K. Müllen, D. Passerone, R. Fasel, Nature Chemistry, veröffentlicht online am 7. November 2010
DOI: 10.1038/NCHEM.891



1



2a

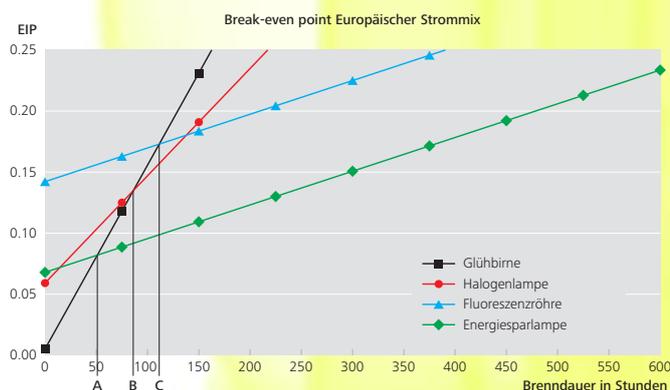
2b

2c

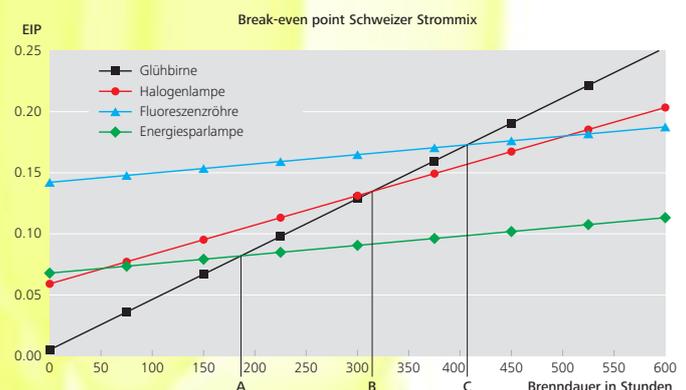
Energiesparlampe gewinnt

Empa-Forschende haben die Ökobilanz verschiedener Beleuchtungsmethoden untersucht. Sie berücksichtigten dabei nicht nur den eigentlichen Energieverbrauch, unter Berücksichtigung verschiedener Strommixe, sondern auch Herstellung und Entsorgung. Klare Siegerin ist die Energiesparlampe.

TEXT: Peter Merz / BILD: SecretDisc, Wikipedia



In den ersten 50 (europäischer Strommix, links) bis 180 Betriebsstunden (Schweizer Strommix) ist die Glühbirne ihren Konkurrenten ökologisch noch überlegen. Doch mit zunehmender Brenndauer ändert sich das Verhältnis aufgrund des hohen Stromverbrauchs der Glühbirne rasch und die Energiesparlampe schneidet am besten ab. (Illustrationen: André Niederer)



Schnittpunkt A: Glühbirne/Energiesparlampe
Schnittpunkt B: Glühbirne/Halogenlampe
Schnittpunkt C: Glühbirne/Fluoreszenzröhre

Literaturhinweis

«Environmental Impacts of Lighting Technologies – Life Cycle Assessment and Sensitivity Analysis», T. Welz, R. Hischer, L. Hilty, Environmental Impact Assessment Review
www.elsevier.com/locate/eiar

Seit dem 1. September 2009 ist in der Schweiz Vertrieb und Einfuhr von Glühbirnen – genauer gesagt: Wolframdrahtbirnen – verboten. Gleichentags wurde zudem das Glühbirnenverbot der EU übernommen, das eine schrittweise Abschaffung dieser ineffizienten Beleuchtungsmethode vorsieht. Diese Gesetzgebung stösst jedoch vielerorts auf Widerstand, wobei vor allem die als Energiesparlampen bekannten Kompaktfluoreszenzlampe in der Kritik stehen. Eine der Hauptsorgen der Gegnerinnen und Gegner ist das darin enthaltene Quecksilber.

Roland Hischer, Tobias Welz und Lorenz Hilty von der Empa-Abteilung «Technologie und Gesellschaft» haben klassische Glühbirnen, Halogenlampen, Fluoreszenzröhren und Energiesparlampen unter die Lupe genommen, um herauszufinden, welche Art der Beleuchtung die ökologischste ist.

Viele Einflüsse sind zu berücksichtigen

Mit einer Ökobilanz haben die Forschenden die Stoff- und Energieströme des gesamten Lebenszyklus berücksichtigt, von der Produktion über den Gebrauch bis zur Entsorgung. Die ökologische Gesamtbelastung kann beispielsweise mit so genannten «eco indicator points» (EIP) dargestellt werden. Diese Punktzahl ist ein Mass für die Summe aller Schäden an Gesundheit und Umwelt sowie den Verbrauch an Ressourcen, die zur Herstellung des Produkts notwendig sind.

Auf die Nutzung kommt es an

Das häufig erwähnte Quecksilber ist gar keine grosse Belastung für die Umwelt. Die Stromproduktion eines Kohlekraftwerks emittiert pro Stunde die gleiche Menge an Quecksilber in die Luft, die in 8400 bis 9000 Energiesparlampen enthalten ist.

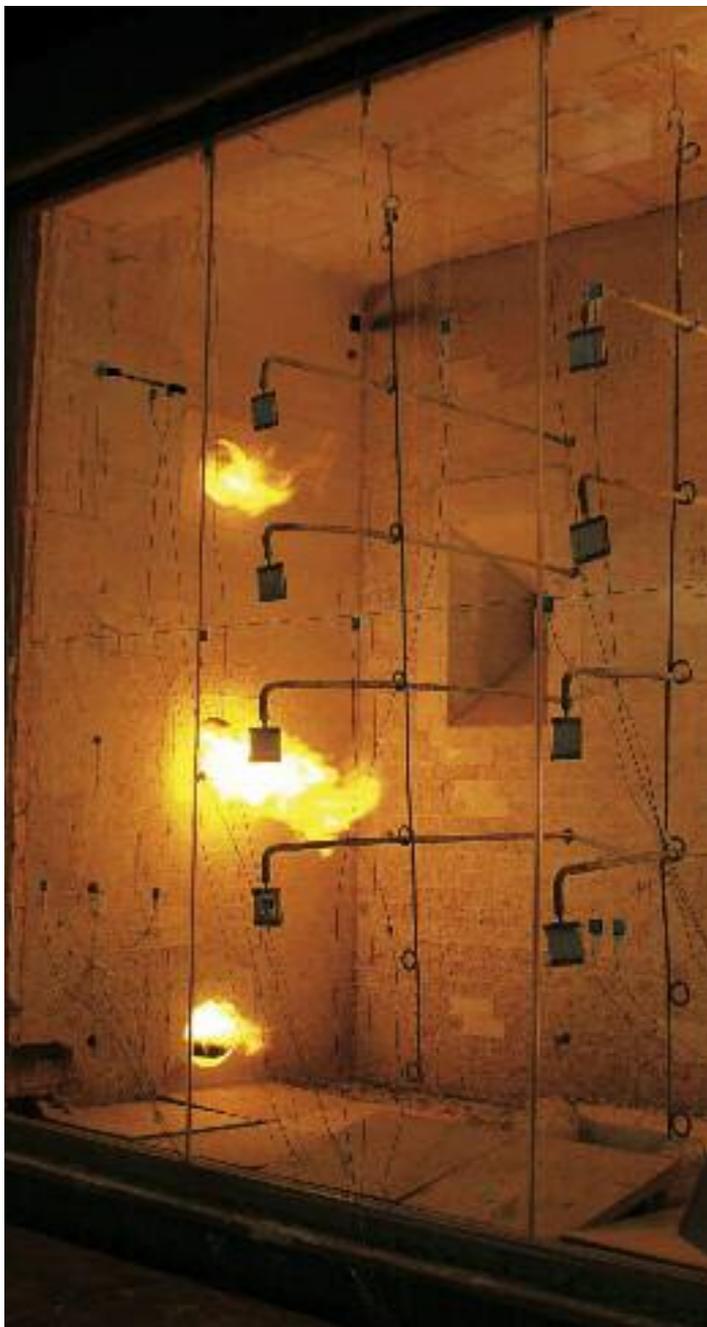
Ein wesentlicher Faktor hingegen ist die Art des genutzten Stroms: Eine Glühbirne, die durch Wasserkraft erzeugten Strom leuchtet, belastet die Umwelt sogar weniger als eine Energiesparlampe, die mit dem europäischen Strommix läuft. «Durch die Wahl von umweltfreundlich produziertem Strom lässt sich also ökologisch mehr erreichen als durch die blosse Umstellung auf Energiesparlampen», so Roland Hischer.

Doch auch die Energiesparlampe bringt einen ökologischen Vorteil. Das zeigt sich bei der Bestimmung des «Environmental break-even point», jener Brenndauer, nach der zwei verschiedene Lampen die Umwelt gesamthaft gleich stark belasten. Mit dem europäischen Strommix, der zu einem Grossteil «fossil» produziert wird, erreichen Glühbirne und Energiesparlampe aufgrund des wesentlich höheren Stromverbrauchs der Glühbirne den «Environmental break-even point» sehr schnell, etwa nach 50 Stunden. Mit Schweizer Strom ist dieser Punkt nach 187 Stunden Brenndauer erreicht. Bei einer durchschnittlichen Lebensdauer einer Energiesparlampe von 10000 Stunden – verglichen mit den 1000 Stunden einer Glühbirne – hat sich der Kauf einer solchen Lampe also nach sehr kurzer Zeit ökologisch gelohnt. //

Feuerprobe für den Brandschutz

Seit 40 Jahren brennt es an der Empa. Im Brandlabor in Dübendorf werden die unterschiedlichsten Bauteile in Asche gelegt – nicht zuletzt, um Erkenntnisse über das Brandverhalten von Materialien und Komponenten zu gewinnen und diese dann gezielt zu optimieren. In Zukunft sollen gar Computermodelle das Verhalten im Brandfall vorhersagen helfen.

TEXT: Daniela Heiniger / BILDER: Empa



Der Geruch von Verbranntem lässt einen sofort wissen, wo man ist. Noch bevor der Blick auf den Brandofen in der Halle fällt und auf die massive, drei mal drei Meter grosse Scheibe davor, an der sich gerade mehrere Männer zu schaffen machen. Die Brandspezialisten der Empa bringen auf dem Glas – Bestandteil einer neuen Brandschutzverglasung – die letzten Sensoren für die Verformungsmessung an. Dann verbinden sie die ganze Prüfeinheit – Haltevorrichtung samt Glas – mit dem Brandofen.

Und schon geht es los: Aus den Seitenwänden des Ofens schiessen riesige Flammen. Bereits nach kurzer Zeit klirrt es, das Glas verfärbt sich milchig. «Dieser Effekt kommt davon, dass die eingearbeiteten Brandschutzschichten aufschäumen. Sie dämmen dadurch die Hitze», erklärt Laborleiter Erich Hugi. Doch selbst nach längerer Flammeneinwirkung hält die Scheibe dem Feuer stand – nur auf der dem Ofen zugewandten Seite splintern einige Stücke weg.

Seit 40 Jahren wird an der Empa «gezündelt»

Während eines solchen Brandversuchs verfolgen mindestens zwei Mitarbeitende beim Versuchsstand und einer am Monitor im Kontrollraum, wie sich die Hitze in der Flammkammer entwickelt und wie sich das Testobjekt verhält. Sie dokumentieren jede Veränderung und Auffälligkeit und halten zusätzlich alles auf Video fest. «Die Filme unterstützen uns bei der Analyse. So können wir zum Beispiel nachverfolgen, wo und warum die Brandschutzverglasung dem Feuer nicht mehr standhielt», erläutert Hugi. Heute verläuft der Versuch jedoch reibungslos, sogar bei mehr als 850 Grad Celsius hält das Glas länger als 30 Minuten durch, genug um nach Euro-norm klassifiziert zu werden.

Das Brandlabor der Empa «zündelt» bereits seit 40 Jahren. In dieser Zeit konnte ein enormes Know-how aufgebaut werden. Darum ist die Empa in der Lage, ihren Partnern mehr als «nur» eine differenzierte Analyse des Brandversuchs anzubieten. «Ein Testobjekt besteht immer aus mehreren Komponenten», so Hugi. «Oft ist nur ein einzelnes Element für das Versagen im Brandfall verantwortlich. Ist diese Schwachstelle bekannt, kann das

Produkt gezielt optimiert werden.» Sagt es und weist auf die lange Warteliste hin, die vorführt, wie das Empa-Labor mit rund 75 Brandversuchen pro Jahr auf lange Zeit ausgebucht ist.

Bauteile abbrennen – um sie zu verbessern

Ein erfolgreich bestandener Brandtest ist einerseits der letzte Schritt für die Kunden der Empa, bevor sie ihre Produkte in Anwendungen mit Brandschutzanforderungen einsetzen können. Andererseits liefern die Versuche im Grossmassstab aber auch aufschlussreiche Daten, die die Empa-Wissenschaftler in diverse Forschungsprojekte mit Hochschul- und Industriepartnern einfließen lassen. An der diesjährigen Konferenz «Structures in Fire (SiF'10)» in den USA war das Empa-Team gleich mit drei Konferenzbeiträgen vertreten. Die SiF befasst sich mit dem Brandverhalten von Strukturen und Materialien und hat sich als DIE internationale Plattform für Forscherinnen, Ingenieure und Brandfachleute etabliert. Ein vom Empa-Brandlabor und der EPF Lausanne vorgestelltes Projekt untersuchte zum Beispiel, wie sich die Tragfähigkeit einer Stütze aus glasfaserverstärktem Polymer mit integriertem Wasserkühlungssystem im Brandfall verhält. Dank der Ergebnisse konnte nicht nur ermittelt werden, wie lange derartige Wandbauteile Feuer widerstehen, das Experiment lieferte auch wertvolle Informationen über die Versagensmechanismen. Diese fliessen als wichtige Randbedingungen in Modelle zur numerischen Berechnung ein und dienen Ingenieurinnen und Ingenieuren dazu, ihre Bauprojekte brandsicher auszulegen.

Unterschiedlichste Partner: vom Bauteilehersteller zur US Navy

Innerhalb eines Projekts des 6. EU-Rahmenprogramms entwickelt Hugis Gruppe zusammen mit der Empa-Abteilung «Ingenieur-Strukturen» und dem deutschen Trockenbauspezialisten Knauf modulare erdbeben- und brandsichere Gebäude in Leichtbauweise. «Die Häuser müssen natürlich in erster Linie Schutz vor weiteren Beben bieten», sagt Hugi. Weil nach Erdbeben aber auch häufig Feuer ausbricht, seien die Ansprüche an den Brandschutz ebenfalls hoch. In verschiedenen Brandversuchen untersuchten Hugi und seine Kollegen das Verhalten der neu entwickelten Gipsplatten im Verbund mit einer metallischen Leichtbaustruktur unter mechanischer Belastung. Je nach Modifikation waren die neuen Gipsplatten tragfähiger als die herkömmlichen Gipsplatten und hielten bis zu 30 Minuten länger stand.

Ausserdem ist das Brandlabor Partner in einem vom amerikanischen «Office of Naval Research» international angelegten Projekt. Um Boote möglichst leicht und wendig zu machen, würden Schiffingenieure gerne auf schwere Materialien wie Stahl verzichten. Weil sich der erste Ersatzkandidat – Aluminium – in der Vergangenheit jedoch als nicht genügend feuerresistent erwies, werden nun neue Leichtbaumaterialien wie faserverstärkte Polymere getestet. Alles andere als ein triviales Projekt, selbst für Hugi und Co. So dauerte alleine schon die Ausrüstung eines Probekörpers mit Messgeräten eine ganze Woche. Zudem mussten die Empa-Forschenden die gesamte Infrastruktur an die geforderten Randbedingungen anpassen, beispielsweise Hochtemperatur-Wär-

mefflussensoren einsetzen und mit Kreativität und mechanischem Feingeschick umständliche bauliche Anpassungen vornehmen. Es habe sich jedoch gelohnt, meint Hugi: «In sechs Brandversuchen gewannen wir viele wichtige Erkenntnisse, wie Paneele sich verformen. Diese Informationen helfen uns dann auch wieder, unsere Berechnungsmodelle auszubauen.»

Brandverhalten vorhersagen

Bei diesen Projekten ging es indes nicht nur darum, die Feuerwiderstandsdauer zu ermitteln. Laufend wurden auch umfassende thermo-physikalische Daten der verwendeten Werkstoffe gesammelt. Diese tragen einerseits dazu bei, das Brandverhalten der eingesetzten Materialien besser zu verstehen. «Ausserdem entwickeln wir daraus geeignete Ansätze für eine numerische Berechnung», erklärt Hugi. Ziel sei es, mit Hilfe von Computermodellen das Strukturverhalten im Brandfall vorherzusagen. Dadurch lassen sich die Bauteile hinsichtlich ihres Brandverhaltens optimieren und die Anzahl kostspieliger Brandversuche senken. //

- 1 Die Flammen schiessen ein. Ein Höhepunkt, nachdem in tagelanger Arbeit Probekörper und Versuchsanlage im Brandlabor eingerichtet wurden.
- 2 Auch darauf müssen die Brandexperten vorbereitet sein: Ganz plötzlich kann ein Teil der Installation zusammenstürzen.
- 3 Akribische Vorbereitungen im Brandlabor.



2



3



Materialien mit Köpfchen

Viele Materialien verändern sich durch äussere Reize. Ist diese «Reaktion» nützlich, reproduzierbar und kontrollierbar, wird das Material als intelligent bezeichnet. Derartigen Materialien wird beträchtliches Potenzial nachgesagt. Um dieses zu nutzen, läuft in der Schweiz das Nationale Forschungsprogramm NFP 62 «Intelligente Materialien». Die Empa ist mit mehreren Projekten daran beteiligt.

TEXT: Beatrice Huber / BILDER: Empa



Zu den intelligenten Materialien zählen auch elektroaktive Polymere: Im Empa-Luftschiff «Blimp» dehnen sich diese (schwarze Flächen) durch An- und Abschalten einer elektrischen Spannung aus beziehungsweise ziehen sich wieder zusammen. Durch den entstehenden Schwanzflossenschlag bewegt sich das Luftschiff vorwärts.

Nähezu alle Materialien reagieren auf Reize von aussen und ändern ihre physikalischen, chemischen oder biologischen Eigenschaften. Dies kann zu Problemen führen wie bei Eisenbahnschienen, die sich bei extremer Hitze im Sommer stark ausdehnen und verbiegen. Oder aber ein entscheidender Vorteil sein – nämlich dann, wenn sich Materialien der Umgebung anpassen und dadurch ihre Funktion besser oder gar überhaupt erst erfüllen können. Fällt der Reiz weg, kehren die Materialien in ihren ursprünglichen Zustand zurück; die Reaktion auf die Ausseineinflüsse ist also reversibel. Ist sie zudem reproduzierbar – auf den gleichen Reiz folgt stets die gleiche Reaktion – und kontrollierbar, dann werden die Materialien als intelligent bezeichnet. Besonders attraktiv sind die Materialien, wenn der Reiz von aussen nur wenig Energie benötigt. Aus der Natur sind viele intelligente Systeme bekannt. Beispielsweise die Linse im Auge, die durch Muskeln mehr, weniger oder gar nicht verformt wird, je nachdem, wo der Fokus des Sehens liegen soll.

Materialien reagieren auf alle möglichen Reize

Der Reiz kann, wie bei der Linse, mechanisch sein, aber auch thermisch, elektrisch, magnetisch oder chemisch. So genannte Formgedächtnislegierungen (siehe «Verformbare Werkstoffe für mechanische Anwendungen») verformen sich durch Temperaturänderungen reversibel. Hydrogele, die Wirkstoffe auf einen äusseren Reiz kontrolliert freisetzen, sind für medizinische Anwendungen

Neue Katalysatoren für Erdgasfahrzeuge

Verknappung von Erdöl, Klimawandel und strenge Abgasvorschriften, kombiniert mit einer ständig wachsenden globalen Fahrzeugflotte, verlangen nach alternativen Treibstoffen. Dazu zählt Erdgas, das den Vorteil hat, weniger Stickstoffoxide und CO₂ zu erzeugen als Benzin und Diesel. Die Abgase von Erdgasfahrzeugen müssen jedoch speziell behandelt werden, um Spuren von nicht verbranntem Methan zu entfernen. Denn Methan ist ein starkes Treibhausgas. Bislang wurden Katalysatoren aus benzinbetriebenen Fahrzeugen an das Emissionsprofil von Erdgasfahrzeugen angepasst. Empa-Forschende wollen im Projekt «Palladium-Perowskite als Katalysatoren für Erdgasfahrzeuge» neuartige Katalysatoren entwickeln. Diese sollen mit weniger Edelmetall (beispielsweise Palladium) auskommen und eine grössere Langzeitstabilität aufweisen. Die Forschenden nutzen dazu perowskitartige Metalloxide, die auf die chemische Zusammensetzung ihrer Umgebung reagieren: In oxidierender Atmosphäre bauen sie Edelmetallatome in ihr Kristallgitter ein, in reduzierender Atmosphäre scheiden sie diese an ihrer Oberfläche aus.



interessant (siehe «Nanofasern als intelligente Wirkstoffspeicher»). Piezoelektrische Materialien erzeugen eine elektrische Spannung, wenn sie Druck oder Zug ausgesetzt sind, und werden deshalb beispielsweise als Sensoren eingesetzt. Zu den intelligenten Materialien zählen auch nachgiebige Systeme. Diese sind flexibel genug, um grosse Verformungen zuzulassen, gleichzeitig aber auch fest genug, um grosse Belastungen auszuhalten (siehe auch Artikel «Man gewinnt nicht jeden Tag einen Preis» auf Seite 20).

Nationales Forschungsprogramm mit starker Empa-Beteiligung

Um das Innovationspotenzial, das intelligenten Materialien nachgesagt wird, auch wirtschaftlich zu nutzen, hat der Bundesrat das Nationale Forschungsprogramm (NFP) 62 «Intelligente Materialien» ins Leben gerufen. In einem NFP bearbeiten Forschende aus verschiedenen Disziplinen und Institutionen Projekte, die zur Lösung wichtiger Gegenwartsprobleme beitragen sollen. Die Schwerpunkte bestimmt der Bundesrat; durchgeführt werden die NFP vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF).

Für das NFP 62 wurden aus den 79 eingereichten Projektskizzen 21 Projekte bewilligt und mit insgesamt 6,6 Millionen Franken finanziert. Die Empa war dabei sehr erfolgreich, denn sechs der 21 Projekte werden von Empa-Forschenden geleitet. Warum dieser Erfolg? Andrea Bergamini, der bereits seit längerem mit intelligenten Materialien arbeitet und eines der Empa-Projekte leitet (siehe «Verformbare Werkstoffe für mechanische Anwendungen»), sieht die an der Empa vorhandene Erfahrung mit derartigen Werkstoffen als einen Grund. Zudem: «Die Empa ist überschaubar, trotzdem gibt es hier zahlreiche Fachleute aus etlichen Disziplinen, mit denen eine Zusammenarbeit in fantastischen Projekten möglich ist.»

Beträchtliches Innovationspotenzial

Klassische Systeme wie Industrieroboter mit hydraulischem Antrieb oder Flugzeugflügel mit konventionellem Leitwerk funktionieren grundsätzlich gut. Mit der Zahl der Einzelteile wächst aber auch die Komplexität solcher Systeme. Das Potenzial intelligenter Materialien liegt unter anderem darin, dass bereits das Material die Funktionen von mehreren Einzelteilen übernehmen kann. Durch die reduzierte Komplexität werden die Systeme zuverlässiger.

Verformbare Werkstoffe für mechanische Anwendungen

Strukturen, die quasi auf Knopfdruck ihre Form verändern, sind in der Technik sehr gesucht: Eine starre Struktur wird zuerst kurz und gezielt erschlaft und dann in einer neuen Form wieder versteift. Solche Materialien – beispielsweise Nickel-Titan-Formgedächtnislegierungen – existieren bereits, jedoch verlieren sie ihre Steifigkeit nur durch Aufheizen, was viel Energie benötigt. Ein neuer Ansatz benutzt elektrostatische Kräfte, was energetisch günstiger ist. Diese Kräfte bewirken eine «Verklebung» zwischen dünnen Schichten aus dielektrischem Material. Werden die Kräfte ausgeschaltet, geht der Zusammenhalt wieder verloren.

Empa-Forschende wollen im Projekt «Neue Werkstoffe mit adaptiver Form und Steifigkeit» zusammen mit der ETH Zürich dielektrische Materialien untersuchen und optimieren, mit denen bereits bei geringer Energiezufuhr ein solider elektrostatischer Verbund zwischen den Schichten erzeugt wird. Mögliche Anwendungen finden sich etwa im Flugzeugbau: Ein Flügel bräuchte zum Steuern keine mechanischen Klappen mehr; er würde sich selbst dank elektrischer Impulse verformen. Auch Rotoren könnten sich der jeweiligen aerodynamischen Situation anpassen.

ger – es gibt weniger Teile, die versagen können – und besser integrierbar. Ausserdem sollte die Produktion einfacher werden und der Wartungsaufwand erheblich geringer.

Es werden gar Systeme machbar, die vorher unmöglich waren. Beispielsweise Luftschiffe, die mit «künstlichen Muskeln» geräuschlos und energieeffizient fliegen (siehe auch «Superelastische Werkzeuge für die Chirurgie» und EmpaNews 28). Elektroaktive Polymere, also die «künstlichen Muskeln», dehnen sich durch An- und Abschalten einer elektrischen Spannung aus beziehungsweise ziehen sich wieder zusammen. Im Fall des Empa-Luftschiffs «Blimp» entsteht so ein Schwanzflossenschlag, der für den Antrieb sorgt. Mit klassischen Materialien wäre ein solches Luftschiff schlicht zu schwer.

Erstmals Kooperation zwischen SNF und KTI

Das NFP 62 wartet ausserdem mit einem Novum auf: Als Kooperationspartner des SNF ist erstmals die Förderagentur für Innovation KTI mit dabei, die im Auftrag des Bundes den Wissens- und Technologietransfer zwischen Unternehmen und Hochschulen fördert und dazu beispielsweise anwendungsorientierte Forschungsprojekte oder den Aufbau von Start-ups unterstützt. Der Bundesrat hatte mit dem NFP 62 speziell die Schweizer Industrie im Fokus, denn intelligente Materialien könnten dieser künftig einen wichtigen Wettbewerbsvorteil verschaffen. «Der klare Fokus liegt in der originellen wissenschaftlichen Arbeit und technischen Entwicklung neuer Materialien und Systeme, die dem Anspruch «intelligent» genügen, umweltverträglich sind und über ein wirtschaftliches Umsetzungspotenzial verfügen», erläutert Louis Schlapbach, Präsident der Leitungsgruppe des NFP 62 und ehemaliger Direktor der Empa, das Ziel des NFP. «Ich erhoffe mir aber auch, dass junge Wissenschaftlerinnen und Ingenieure herangebildet werden, die mit breiter Kompetenz in diesem Gebiet und mit Enthusiasmus interdisziplinär arbeiten können.»

Noch werden vom NFP 62 keine direkt marktfähigen Produkte erwartet. Doch die Richtung ist klar. «Zu den Zielen gehört, dass mehrere Projekte, die in der ersten Phase vollständig durch den SNF finanziert sind, in einer zweiten Phase auf bestimmte Anwendungen ausgerichtet und in einer dritten Phase mit Industriepartnern als KTI-Projekt für die Praxis bis hin zur Prototypentwicklung



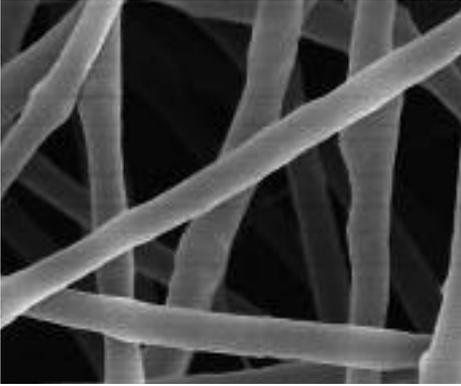
Superelastische Werkzeuge für die Chirurgie

Nachgiebige Systeme «können» grundsätzlich nicht mehr als konventionelle Instrumente. Da jedoch elastische Verformungen im Material genutzt werden, sind bewegliche Bauteile wie Lager und Gelenke überflüssig.

Für chirurgische Werkzeuge bieten diese Systeme grosse Vorteile: Die Sterilisation ist einfacher und effizienter, da nachgiebige Instrumente keine Spalten haben, in denen sich Bakterien ansiedeln können. Unbeabsichtigte Verletzungen sind seltener, weil die Instrumente keine Gelenke aufweisen, die Gewebe «zwickeln» und beschädigen können. Und dank der monolithischen Natur – die Instrumente bestehen aus nur einem Stück – sind kaum manuelle Fertigungsschritte erforderlich, was eine kostengünstige Herstellung ermöglicht.

Empa-Forschende wollen im Projekt «Superelastische verformbare chirurgische Werkzeuge» innovative chirurgische Instrumente auf Basis nachgiebiger Systeme aus superelastischen Formgedächtnislegierungen entwickeln.





Nanofasern als intelligente Wirkstoffspeicher

Hydrogele können Wirkstoffe kontrolliert freisetzen und sind deshalb interessant für medizinische Anwendungen. Dabei sind solche, die auf Wärme oder Kälte reagieren, besonders attraktiv, da die Temperatur einfach und nicht invasiv verändert werden kann. Der Nachteil gängiger Hydrogele besteht jedoch in ihrer langen Ansprechzeit von Minuten bis zu Tagen.

Empa-Forschende wollen im Projekt «Nanofasern als intelligente Wirkstoffspeicher» zusammen mit dem Max-Planck-Institut für Polymerforschung in Mainz und der ETH Zürich neuartige Nanofasern entwickeln. Diese sollen aus zwei Komponenten mit einem intelligenten, mit Wirkstoffen beladenen Kern bestehen. Zudem ist der Einbau von Nanomagneten geplant, was ein präzises lokales Erwärmen durch den thermo-magnetischen Effekt ermöglichen würde. Die hergestellten Nanofasern lassen sich für therapeutische Zwecke in spezialisierte Textilien einbauen. Sie ermöglichen auch andere, nicht medizinische Anwendungen wie Bekleidung für Schutz oder Kühlung des Körpers.

Die Bilder zu den Projekten sollen diese illustrieren, stammen jedoch nicht von den Projekten selbst.

umgesetzt werden», sagt Louis Schlapbach. Eine interessante Ausgangslage, wie Andrea Bergamini findet: «Das NFP 62 ist für mich als Ingenieur sehr spannend, da diese Forschung sehr zielgerichtet ist und wir reale Rahmenbedingungen berücksichtigen müssen.» Bewährt sich das Modell, soll das NFP 62 zu einem Referenzmodell für die künftige Zusammenarbeit zwischen dem SNF und der KTI werden.

Die Projekte des NFP 62 sind in vier Module aufgeteilt: «Intelligente formadaptive Materialien für makroskopische Anwendungen», «Auf spezifische Anregungen reagierende Materialien für den mikroskopischen Bereich», «Materialien für intelligente Wirkstoffabgabe», «Erforschung grundlegend neuer intelligenter Materialien». Das vierte Modul konzentriert sich auf innovative Konzepte, deren Erfolg ungewiss ist, die potenziell aber viel auslösen können. Die Empa leitet Projekte in allen Modulen; drei Projekte im ersten Modul und je eines in den anderen drei Modulen. Die Projekte haben eine Laufzeit von zwölf bis 36 Monaten. Mit den ersten Resultaten ist also schon bald zu rechnen. //

Weitere Informationen: www.nfp62.ch



Flüssigkern-Fasern als Schock- und Stossdämpfer

Kunstfasern machen heute mehr als 70 Prozent der weltweiten Faserproduktion aus. Empa-Forschende wollen im Projekt «Synthetische Faser mit Flüssigkern für Dämpfungsanwendungen» zusammen mit der ETH Zürich Instabilitäten in Fasern aus Kunststoffgemischen untersuchen. Dazu besteht fast kein Grundlagenwissen. Das bessere Verständnis soll genutzt werden, um mit einem Schmelzspinprozess eine synthetische Faser mit flüssigem Kern herzustellen. Struktur und Material des Kerns ermöglichen dann, «von aussen» Fliessgeschwindigkeit, Zähigkeit und Reibungswiderstand zu steuern, was der Faser adaptive Eigenschaften verleiht.

Die Anwendungen hängen von den Eigenschaften der Faser im Detail ab: Wird der Kern beispielsweise mit einer Flüssigkeit gefüllt, die sich ab einer gewissen Fliessgeschwindigkeit versteift, kann eine solche Faser als adaptives Dämpfungsglied oder Energieabsorber eingesetzt werden. Mögliche Anwendungen sind Schallfilter, Strömungfilter oder schockabsorbierende Kleider. Auch als Verstärkungsfasern für ultraleichte Verbundstoffe oder in schussicheren Westen könnte die Faser Anwendung finden.



Bild: iStock



Neue Herstellungsverfahren für künstliche Muskeln

So genannte dielektrische Elastomer-Aktoren (DE-Aktoren) bestehen aus einem polymeren elektrischen Kondensator, der sich grossflächig verformt, wenn eine elektrische Spannung angelegt wird. Sie sind attraktiv als Aktoren mit integrierter Sensorfähigkeit oder mit muskelähnlichen Eigenschaften. Solche «künstliche Muskeln» können beispielsweise in Robotern oder in anziehbaren und/oder tragbaren Orthesen respektive Prothesen eingesetzt werden.

Empa-Forschende wollen im Projekt «Herstellungsverfahren von dielektrischen Elastomer-Aktoren» einen dünnen, flexiblen und mehrlagigen DE-Aktor entwickeln, der Kontraktionsbewegungen unter externer Zugkraft mit relativ niedriger Aktivierungsspannung erzeugt und deshalb als künstlicher Muskel eingesetzt werden kann. Der Schwerpunkt des Projekts liegt darin, ein Verfahren zu erarbeiten, mit dem DE-Aktoren mit hoher Robustheit und Zuverlässigkeit hergestellt werden können.

«Intelligente Materialien geben Ingenieuren neue Freiheitsgrade»

Intelligenten Materialien wird grosses Potenzial nachgesagt. Die EmpaNews sprach mit Edoardo Mazza, Leiter der Empa-Abteilung «Mechanics for Modelling and Simulation» und Mitinitiant des vor kurzem angelaufenen Nationalen Forschungsprogramms 62, über diese Materialien, aber auch über seine Forschung an der Empa und der ETH Zürich.

INTERVIEW: Beatrice Huber / BILD: Ruedi Keller



«Die Mechanik ist hochaktuell. Überall, wo Bewegung herrscht, wo Leben ist, dort ist Mechanik.»

Intelligente Materialien – wie würden Sie diese beschreiben?

Intelligente Materialien, wie zum Beispiel magnetorheologische Flüssigkeiten oder elektroaktive Polymere, sind anpassungsfähig. Das heisst, sie reagieren auf äussere Einflüsse und verändern ihre physikalischen und mechanischen Eigenschaften. Diese Effekte sollten nützlich, reproduzierbar und kontrollierbar sein. Provokativ gesagt: Wir nennen diese Materialien intelligent, wenn sie das machen, was wir wollen.

Welches Potenzial besitzen diese Materialien?

Intelligente Materialien geben dem Ingenieur neue Freiheitsgrade. So werden völlig neue Funktionen und Geräte möglich, oder bekannte und bewährte können besser und günstiger umgesetzt werden. Abgesehen von piezokeramischen Komponenten und Formgedächtnislegierungen sind erst wenige Produkte auf dem Markt, die auf adaptiven Materialien basieren. Nebst grundlegenden Forschungsarbeiten braucht es auch innovative und mutige Industriepartner. Nicht alle erforschten Materialsysteme werden ihre Versprechen einhalten. Auf dem Weg dahin ergeben sich spannende, tiefgreifende, interdisziplinäre Herausforderungen, mit denen Studierende und Doktorierende konfrontiert werden können. Dies ist eine hervorragende Gelegenheit für ihre Ausbildung. Diese neue Generation von Ingenieuren und Wissenschaftlern wird auf jeden Fall ein grosses Potenzial für unsere Gesellschaft darstellen.

Zum Nationalen Forschungsprogramm (NFP) 62, das Sie mitinitiiert haben: Sechs der 21 Projekte, die bewilligt wurden, leiten Empa-Forschende. Warum dieser Erfolg?

Die Empa hat das, was die Ausschreibung zum NFP verlangte: Umfassende Kenntnisse in Materialwissenschaft und Ingenieurwesen. Bereits seit mehr als zehn Jahren arbeiten Empa-Forschende mit intelligenten Materialien. Zudem setzt die Empa die Priorität bei der Verbindung zwischen Grundlagenforschung und Umsetzung in neue Produkte. Dies ist ganz im Geiste des NFP.

Das zeigt sich auch in einer Besonderheit des NFP 62: Erstmals ist die Förderagentur für Innovation KTI als Kooperationspartnerin dabei. Was bedeutet das für Sie als Ingenieur?

Die Anbindung an die KTI gibt den Projekten ein konkretes Ziel. Die Resultate sollen umgesetzt werden. Und das ist für mich als Ingenieur ein sehr gutes Signal. Der Schweizerische Nationalfonds und die KTI vertreten Kulturkreise, die sich vermehrt ergänzen, nicht widersprechen sollten.

Ihr Forschungsgebiet ist, wie der Name Ihrer Abteilung verrät, die Mechanik. Was fasziniert Sie an dieser eher «klassischen» Disziplin?

Manche sagen, dass die Mechanik die Mutter der Physik ist. Das ist zwar ehrenvoll, tönt aber vielleicht etwas verstaubt. Doch Mechanik ist natürlich hochaktuell. Sie beschreibt die kausalen Verbindungen zwischen Kräften und Bewegung oder Deformationen. Das heisst, überall, wo Bewegung herrscht, wo Leben ist, dort ist Mechanik. Das Verständnis der Mechanik ist für alle modernen Forschungsthemen essenziell – ob Nanosysteme, intelligente Materialien, Energietechnik oder Biotechnologie.

Sie sind seit längerem auch Professor an der ETH Zürich. Was bedeutet es für Sie, gleichzeitig an der ETH Zürich und an der Empa zu arbeiten?

Ich bin glücklich über diese besondere Gelegenheit, die mir geboten wurde. Es ist interessant für beide Institutionen zu arbeiten, aber, wie Sie sich denken können, auch nicht immer einfach. Die Empa hat exzellente erfahrene Fachleute und – in manchen Bereichen – eine sehr gute Infrastruktur. Zudem gibt sie mir die Möglichkeit, mit Spezialisten aus komplementären Disziplinen zusammenzuarbeiten. An der ETH Zürich habe ich grosse Freude an der Lehre, am Zusammenwirken mit Studierenden. Von der ETH schätze ich die Forschungsfreiheit und die Kultur des ständigen Lernens. Ich verstehe mich als Bindeglied, das die positiven Aspekte der einen Institution auch für die andere nutzbar machen möchte.

Wie ergänzen sich die beiden Institutionen?

Ich glaube nicht an eine Trennung der Missionen der verschiedenen akademischen Institutionen in der Schweiz. Ich sehe weitgehende Überlappungen in den Zielsetzungen betreffend Grundlagenforschung, Innovation, Technologietransfer sowie Ausbildung künftiger Führungskräfte. Jede Institution verfolgt diese Zielsetzungen natürlich anders, je nach interner Organisation, Infrastruktur und hauptsächlich je nach Menschen, die dort arbeiten. Die Zusammenarbeit zwischen den Institutionen erlaubt es, dass die Gesellschaft optimal von den Resultaten profitieren kann.

Sie sagten einmal, dass Sie wegen des «internationalen Flairs» zum Studieren nach Zürich gekommen seien. Haben Sie dieses Flair hier dann auch gefunden?

Zürich ist eine Weltstadt. Man spürt die Internationalität vor allem in einigen grossen Firmen und an den Forschungsstätten. Ich empfinde dies als wertvolle Bereicherung für die Forschung und auch für die Gesellschaft. Die Institutionen des ETH-Bereichs, also auch die Empa, sind der Exzellenz verpflichtet. Exzellenz kann man heute nur international, global beurteilen. Und die internationale Konkurrenz wird immer stärker; ich denke auch an die Exzellenzinitiative in Deutschland oder an grosse Forschungsprogramme im Fernost. Um unsere höchste Qualität der Forschung und Bildung zu halten, werden Kooperationen wie zwischen der Empa und der ETH Zürich zunehmend wichtig. //

Zur Person

Edoardo Mazza leitet seit 2006 die Empa-Abteilung «Mechanics for Modelling and Simulation» und ist gleichzeitig Professor für Mechanik an der ETH Zürich. Dort hatte er bereits Maschinenbau studiert und in Mechanik promoviert. Nach seiner Dissertation wechselte er in die Industrie und leitete bei Alstom eine Gruppe in der Entwicklungsabteilung «Dampfturbinen», bevor er 2001 als Assistenzprofessor an die ETH Zürich zurückkehrte. Seit 2006 ist Edoardo Mazza ausserordentlicher, seit 2010 ordentlicher Professor.

Licht im Dunkeln



Ob auf den Zifferblättern von Armbanduhren oder Notausgangstafeln – leuchtende Feststoffe haben seit langem einen festen Platz in unserer Gesellschaft. Empa-Forschende entwickeln eine neue Generation dieser Stoffe, die heller, länger und vor allem weisser leuchten sollten.

TEXT: Peter Merz / BILD: LumiNova

Bis Mitte des 20. Jahrhunderts wurde das Leuchtpigment mit Radium vermengt, das dann von Tritium abgelöst wurde. Seit 1998 kommen leuchtende Feststoffe, «Solid State Lighting» genannt, ohne Radioaktivität aus, sie enthalten vielmehr so genannte nachleuchtende Pigmente.

Diese funktionieren stets nach demselben Prinzip: In das Kristallgitter eines Trägerstoffs wie Strontiumaluminat werden Atome einer zweiten Substanz eingebaut. Das Design solcher Pigmente wird in erster Linie theoretisch am Computer in einer Simulation verrichtet, auch an der Empa-Abteilung «Festkörperchemie und Katalyse» unter der Leitung von Anke Weidenkaff. «Die Entwicklung solcher Stoffe ist immer wieder eine Herausforderung. Man muss

sich bereits am Computer fragen, welche Atome man in welche Stoffe einbaut, damit der komplizierte physikalische Leuchtmechanismus funktioniert», sagt Anke Weidenkaff. Denn nur dann können die eingebauten Atome durch Lichteinwirkung in einen energetisch angeregten Zustand wechseln. Im Dunkeln, also ohne weitere Energiezufuhr, fallen die Atome dann in den Grundzustand zurück, wobei die dabei frei werdende Energie in Form von sichtbarem Licht abgegeben wird.

Heller, länger und vor allem weisser soll es leuchten

Die aktuell am besten nachleuchtenden Pigmente, patentiert unter dem Namen «Lumino-va», sind auf der Basis von Strontiumaluminat

aufgebaut. Patthalterin und Vorreiterin dieser Technologien war die Japanische Firma Nemoto, die nun indirekt als LumiNova AG (Schweiz), ein Jointventure mit der Schweizer Firma RC Tritec AG, Industriepartnerin des Projekts von Anke Weidenkaff ist.

Darin forscht sie seit Februar mit ihrem Team an einer neuen Generation nachleuchtender Pigmente. Die Forschenden wollen vor allem die Charakteristiken von Leuchtdauer und Lichtfarbe verbessern. «Diese Leuchtmittel sind ein ausgesprochen energierelevantes Thema. Vielleicht gibt es dank ihnen künftig sogar einmal eine komplett vom Strom unabhängige Raumbeleuchtung», visioniert Weidenkaff. Bis Ende Jahr rechnet das Empa-Team mit Ergebnissen. //

«Erste Hilfe» bei Lecks

TEXT: Martina Peter

Verhängnisvoll ist ein Loch im Schlauchboot nur, wenn die Luft derart schnell entweicht, dass das rettende Land nicht mehr erreicht wird. Weniger dramatisch, doch gleichwohl unangenehm ist es, auf einer löchrigen Luftmatratze eine Nacht zu verbringen. Doch selbst darauf liesse sich noch ungestört schlafen, wenn die Luft nur langsam genug ausströmte. Selbstreparierende Schichten aus porösem Material sollen in Zukunft dafür sorgen, dass Membranen von aufblasbaren Objekten nicht nur wasser- und luftdicht sind, sondern kleine Löcher sich auch selber stopfen können. Zumindest vorübergehend.

Die Idee hierfür stammt aus der Natur. Hier entdecken Bionik-Fachleute immer wieder verblüffende Konstruktionsprinzipien, aus denen Ingenieure dann zahlreiche technische Lösungen ableiten. So auch zur Selbstreparatur von Materialien: Der Selbstheilungsprozess der Pfeifenwinde (*Aristolochia macrophylla*), eine Liane in den Bergwäldern Nordamerikas, lieferte den Biologinnen der Universität Freiburg den entscheidenden Hinweis. Werden die verholzten Zellen des Festigungsgewebes, die den Pflanzen ihre Biegefestigkeit verleihen, verletzt, verarztet sich die Pflanze durch «erste Hilfe». Parenchym-Zellen des darunter liegenden Grundgewebes dehnen sich rasch aus und verschliessen die Wunde von innen. Erst in einer späteren Phase setzt die eigentliche Heilung ein, das ursprüngliche Gewebe wächst nach.

«Selbstheilende» aufblasbare Strukturen

Dieses Prinzip soll nun in einem vom deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Bionik-Projekt auf Werkstoffe – genauer auf Membranen – übertragen werden. Eine zusätzliche Schicht, die aufschäumt, wenn die Membran verletzt wird, soll wie das Vorbild aus der Natur «erste Hilfe» leisten und Löcher bis zur «richtigen» Reparatur verschliessen. Während sich Forschende der Universität Freiburg im Breisgau unter der Leitung von Olga Speck mit den

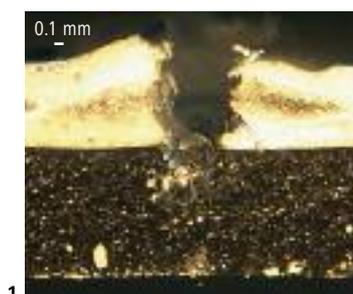
biologischen und chemischen Aspekten des Vorbilds Liane beschäftigen, arbeiten Rolf Luchsinger und Markus Rampf, Forscher am «Center for Synergetic Structures» der Empa, an der technischen Lösung für Polymer-Membranen. Luchsingers Hintergrund sind allerdings weder Schlauchboote noch Luftmatratzen, sondern tragende pneumatische Strukturen für den Leichtbau. Seine so genannten Tensairity-Balken dienen als Elemente für schnell aufgebaute, leichte Brücken und Dächer.

Ziel der Untersuchungen ist es zu verstehen, unter welchen Bedingungen sich ein Loch schliesst, wenn der Schaum auf der Membran sich nach einer Verletzung ausdehnt. Im Rahmen seiner Dissertation untersucht Rampf diesen Prozess mit Hilfe einer Versuchsanlage, die eine Membran pneumatisch unter Druck setzt und anschliessend mit einer Nadel punktiert kann. Einen ersten Zwischenerfolg haben die Empa-Forschenden bereits erzielt; ein Zweikomponentenschaum aus Polyurethan und Polyester dehnt sich unter Überdruck, wie er im Loch durch die austretende Luft herrscht, schlagartig aus.

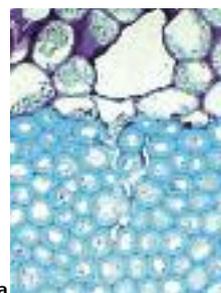
«Im Labor funktioniert», sagt Rolf Luchsinger, «wir erreichen hohe Reparaturfaktoren.» Was bedeutet: Wenn es bislang nötig war, eine Luftmatratze mit einem Volumen von 200 Litern alle fünf Minuten aufzupumpen, hält sie jetzt acht Stunden; der Druckabfall von 200 auf 50 Millibar zieht sich so lange hin, dass genug Zeit bleibt, um eine Nacht durchzuschlafen. «Wir wissen nun genug über den Schaum, um mit Herstellern von Membranen Gespräche über eine Umsetzung für den Markt zu führen», so Luchsinger über die nächsten Schritte. //

1
Die Membrane aus Polyvinylchlorid-Polyester (gelblich) wurde mit einer Nadel von 2,5 Millimeter durchstochen, worauf sich der Polyurethan-Schaum (braun) schlagartig ausdehnte. (Bild: Empa)

2
Zellreparatur in einer Pfeifenwinde (*Aristolochia macrophylla*). Parenchym-Zellen des Grundgewebes dehnen sich rasch aus, wenn die verholzten Zellen des Festigungsgewebes verletzt werden (a und b) und verholzen schliesslich in einer späteren Phase (c). (Bilder: Plant Biomechanics Group, Universität Freiburg i.Br.)



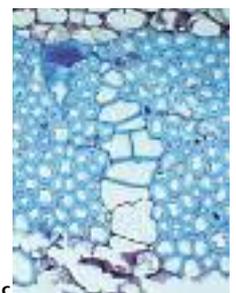
1



2a



2b



2c

«Man gewinnt nicht jeden Tag einen Preis»

Ein neues Bett, das die Bewegungen gesunder Menschen während des Schlafs nachahmt, soll bettlägrige Patientinnen und Patienten vor Druckgeschwüren schützen und gleichzeitig das Pflegepersonal entlasten. Hinter dem kürzlich erneut ausgezeichneten Projekt steht der Maschinenbauingenieur und Jungunternehmer Michael Sauter, der im Mai 2009 mit Unterstützung des Empa-Technologiezentrums glaTec eine eigene Firma, «compliant concept», gegründet hat.

TEXT: Martina Peter / BILD: Ruedi Keller



Ein Pflegebett für bettlägrige Personen passt auf den ersten Blick kaum zu dem sportlichen jungen Mann. Während seiner Dissertation interessierte sich Michael Sauter denn auch mehr für Eishockeyschläger. Nicht aus sportlichem Ehrgeiz – der lag eher im Mountainbiking –, sondern weil er in seinem Forschungsgebiet der «nachgiebigen Systeme» enormes Potenzial sah, verschiedenste Produkte zu verbessern.

Zum Beispiel Eishockeyschläger. In einem Industrieprojekt unter der Leitung von Paolo Ermanni am Institut für mechanische Systeme an der ETH Zürich hatte er Gelegenheit, seine Ideen einzubringen und für einen Eishockeystockproduzenten neue Konzepte zu entwickeln. Mit Erfolg: Seit den olympischen Spielen 2006 in Turin sind seine Stöcke nicht nur in der Schweiz, sondern auch in den Nachbarländern im Einsatz.

Gemeinsam mit anderen Studierenden entwickelte Sauter daraufhin einen neuen Autositz, der sich an Person und Fahr-situation anpassen kann. Und plötzlich, so Sauter, sei ihm durch den Kopf gegangen: «Das müsste sich doch auch mit Betten machen lassen ...» Die Idee liess ihn nicht mehr los, auch als der Empa-Forscher Flavio Campa-

nile ihn nach abgeschlossener Doktorarbeit 2009 an die Empa-Abteilung «Mechanics for Modelling and Simulation» holte.

Was bei Hockeyschlägern funktioniert, klappt auch für Betten

Eine blosser Idee wäre es vielleicht geblieben, hätte Sauter nicht an dem von der Förderagentur für Innovation (KTI) unterstützten Kurs «Venture Challenge» teilgenommen, in dem Hochschulabsolventinnen und -absolventen lernen, aus innovativen Technologien Geschäftsideen zu entwickeln. Dabei sei ihm klar geworden: Ein Bett, das sich anpassen kann, wäre für bettlägrige Personen und Pflegepersonal eine enorme Hilfe. Um der Gefahr von Druck- oder Dekubitalgeschwüren entgegenzuwirken, sollte das Pflegepersonal diese Personen ständig umlagern. Ein neuartiger gelenkloser Lattenrost aus intelligenten Materialien und eine angepasste Matratze könnten diese Aufgabe übernehmen. Sie imitieren die Bewegungen eines gesunden Menschen und lagern ihn so sanft und beständig um.

Technisch machbar war dies, davon war der Maschinenbauingenieur überzeugt. Aber für den medizinischen Hintergrund und um abzuklären, ob überhaupt

ein Markt für ein neues Pflegebett vorhanden war, brauchte es Fachleute. Der Dekubitusexperte Walter Seiler reagierte zunächst zurückhaltend auf Sauters Anfrage: So einfach sei das alles nicht, das hätten schon viele probiert, meinte er. Doch nach einem Besuch bei Sauter war er begeistert. Dass ein Ingenieur die Dekubitusproblematik derart umfassend und systematisch bearbeitete, überzeugte ihn.

Weit verzweigtes Partnernetzwerk

Mit dem Ziel, neue Technologien zu entwickeln, die den Alltag erleichtern, ist «compliant concept» Kooperationen mit zahlreichen Industriepartnern eingegangen: OBA AG, Festo AG, Nauer AG, Bigla Care, Wissner-Bosserhoff GmbH, Sarna Plastec AG, Produ-Plast AG, Qualicut AG. Das Schweizer Paraplegiker-Zentrum Nottwil, das Universitätsspital Basel sowie die Hochschule für Technik Rapperswil gehören ebenfalls dazu.



Vom Wissenschaftler zum Unternehmer

Michael Sauter hatte nicht nur sein Thema gefunden, sondern auch einen erfahrenen Begleiter gewonnen, der ihn fortan lehrte, medizinische Zusammenhänge besser zu verstehen – ausgerechnet ihn, der eigentlich kein Blut sehen kann. Und um die Wünsche der Betroffenen besser kennen zu lernen, scheute Sauter keinen Aufwand, er absolvierte sogar ein Praktikum in einer Pflegeinstitution.

All das neu erworbene Wissen führte schliesslich im Mai 2009 zur Gründung eines eigenen Unternehmens, «compliant concept». Der Spin-off der Empa und der ETH Zürich nahm seinen Sitz auf dem Empa-Areal in Dübendorf im Technologiezentrum glaTec. «In der Schweiz haben wir optimale Voraussetzungen, man bekommt für alles Hilfe», stellt er fest. «Aber man muss sie sich holen.»

Was auch bedeutet, sich mit seinen Schwächen auseinander zu setzen. Er habe beispielsweise lernen müssen, seine Ideen überzeugend zu präsentieren. Mario Jenni, Geschäftsleiter des Business-Inkubators glaTec, diente ihm nicht nur hierbei als Sparring-Partner. Auch bei der Ausarbeitung von Verträgen kann Sauter auf Jennis Unterstützung zählen. Sauter höre nicht

nur gut zu, lobt Jenni, sondern implementiere Ratschläge professionell und setze sie zielstrebig um. «Er hat ein gutes Gespür, was der Markt will, und hat sich schon früh ein grosses Netzwerk aufgebaut.»

Offenheit für Inputs von Dritten, aber auch grosser Lernwille und Lernfähigkeit zeichnen Sauter aus. Martin Wytenbach, KTI-Start-up-Coach, attestiert dem Jungforscher eine beeindruckende persönliche Entwicklung. Er lernte ihn kennen, als sein Projekt in das KTI-Start-up-Programm aufgenommen wurde. Seither begleitet auch er ihn als Coach und unterstützt ihn in der Entwicklung des Jungunternehmens. Dabei stehen Fragen der Positionierung, des Geschäftsmodells, des Marketings und der Finanzen im Zentrum.

Ausgezeichnete Idee

Die Fortschritte der jungen Firma blieben nicht unbemerkt. Mit seinem Team heimste Sauter bereits mehrere Jungunternehmer-Preise ein. Erst kürzlich erhielt er den «KTI Medtech Award 2010», im vergangenen Januar wurde Sauter für eine der zehn innovativsten Geschäftsideen an Schweizer Universitäten und Fachhochschulen mit dem «Venture Idea 2010» ausgezeichnet und Ende 2009 erhielt «compliant con-

cept» den Heuberger Winterthur Jungunternehmerpreis. Doch wie sagt Sauter: «Man gewinnt nicht jeden Tag einen Preis, oft muss man einfach nur durchhalten.»

Während anfangs die Frage nach dem technisch besten Produkt im Zentrum stand, rückte in einer zweiten Phase der Bau eines Prototypen-Betts in den Mittelpunkt. Damit konnte Sauter zeigen, dass die Idee funktioniert: Da ein neues Pflegebett nur Chancen hat, wenn es auf allen Ebenen Vorteile gegenüber den gängigen Betten aufweist, fanden am Schweizer Paraplegiker-Zentrum in Nottwil Tests statt. Nicht nur, dass die Idee «Pflegebett» praktikabel ist, sei wichtig, auch ein scheinbares Detail – etwa wie aufwändig ist die Reinigung – kann entscheidend sein für einen allfälligen künftigen Erfolg.

Mittlerweile dreht sich bei «compliant concept» alles um die Frage, wie das Bettensystem erfolgreich auf den Markt gebracht werden kann. Eben erst unterzeichnete Sauter eine Absichtserklärung mit einem deutschen Unternehmen, das zu den drei grössten europäischen Pflegebettherstellern zählt. Daneben ist er ständig auf der Suche nach neuen Partnern und Investorinnen, vor allem solche, die Erfahrung in der internationalen Vermarktung von Medizinalgeräten mitbringen. //

«Innovation Day»



SMAR 2011

Vom 8. bis 10. Februar 2011 treffen sich in Dubai, Vereinigte Arabische Emirate, internationale Fachleute aus Wissenschaft, Ingenieurwesen, Infrastruktur-Management und Unternehmen zur SMAR 2011, der ersten «Middle East Conference on Smart Monitoring, Assessment and Rehabilitation of Civil Structures». Die Empa-Abteilung «Ingenieur-Strukturen» organisiert die Konferenz mit Unterstützung der American University Dubai AUD.

Im Fokus stehen die Themen Test- und Monitoringtechnologien, Methoden zur Baumodellierung und -beurteilung sowie Anwendung von modernen Materialien für die Sanierung von Strukturen, zu denen die SMAR 2011 das Forum bietet, um bewährte Verfahren und aktuelle Entwicklungen zu diskutieren. Zudem soll die Konferenz auch als Plattform für mögliche internationale Kooperationen dienen. Als einer der Hauptredner wird Ahmad Abdelrazaq, Executive Vice President von Samsung C&T KR, über die Entwicklung moderner Monitoringsysteme für extrem hohe Gebäude sprechen. Samsung leitete das Konsortium, das den Burj Khalifa in Dubai errichtete, das momentan höchste Gebäude der Welt.

<http://smar.empa.ch/>



TEXT & BILDER: Urs Bünler

Zum «Innovation Day 2010» des Textilverbandes Schweiz TVS fanden sich Ende August rund 250 Teilnehmende in der Empa-Akademie ein. Das Motto war: «Textil verlässt seine Grenzen» Dabei wagte Gastredner Jeroen van Rooijen, der als Moderedaktor unter anderem für die Magazine «Annabelle», «Bolero» und «Z – die schönen Seiten» gearbeitet hat, einen ersten Blick über eben diese Grenzen. So sah er in den Megacitys, wo in Zukunft die meisten Menschen leben werden, aufgrund geänderter Bedürfnisse schöne Beispiele für den Einsatz von Textilien. Der Klimawandel erfordere Kleidung mit verbesserter Schutzfunktion, die Nachhaltigkeit wiederum eher natürliche Fasern und Materialrecycling. Das vermehrt digitale Leben verlange zudem nach interaktiver Mode. Genügend Herausforderungen also für die Schweizer Textilwirtschaft.

An der Empa wird unter anderem an textiler Elektronik gearbeitet. Manfred Heuberger, Leiter der Abteilung «Advanced Fibers», stellte seine Forschung mit elektronisch leitenden Fasern vor. Das Ziel sind Textilien mit zusätzlichem Nutzen dank metallisierter Fasern. Lukas Scherer von der Abteilung «Schutz und Physiologie» sprach über optisch leitende Fasern, zum Beispiel für Leuchtextilien zur photodynamischen Therapie, die unter anderem zur Behandlung von Tumoren eingesetzt wird. //



der Textilindustrie



Kreatives und Innovatives gab es am «Innovation Day» der Schweizer Textilindustrie in der Empa-Akademie zu bestaunen.

Swiss NanoConvention 2011

Für eine effiziente Entwicklung, Finanzierung und Regulierung innovativer Technologien sind sorgfältige Entscheide nötig, die auf den neusten Erkenntnissen beruhen. Die Swiss NanoConvention 2011 unterstützt Entscheidungsträger hierbei und bietet eine Plattform, um Führungspersönlichkeiten aus Forschung und Industrie, Schlüsselfiguren im Bereich Innovation und Technologie, Unternehmer, Investoren und Vertreter aus Verwaltung und Politik zusammenzubringen, Ideen zu diskutieren und auszutauschen – oder gar neue zu entwickeln.

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer erhalten aus erster Hand fundierte Informationen über eine der wichtigsten «emerging technologies» des 21. Jahrhunderts und deren Potenzial für innovative Ansätze, Produkte und Dienstleistungen. Hochkarätige Referentinnen und Referenten aus dem In- und Ausland geben Einblicke in aktuelle Trends und diskutieren ihre Ansichten und Meinungen über zukünftige Entwicklungen. Kurzum: Die Swiss NanoConvention ist DAS Schaufenster für Nanotechnologie in der Schweiz, das gemeinsam und abwechselnd von den Hauptakteuren der Schweizer Nano-Szene alljährlich in verschiedenen Landesteilen ausgerichtet wird. Sie ist DIE Veranstaltung, um die Vordenker und Treiber der Nanotechnologie zu treffen.

Zentrale Themen sind drängende Probleme wie eine nachhaltige Energieversorgung und eine saubere Umwelt – Stichwort «Cleantech» –, die Entwicklung neuartiger nanomedizinischer Verfahren und Diagnostika sowie innovativer funktioneller Materialien und deren zahlreiche industrielle Anwendungen. Ein weiterer Schwerpunkt sind mögliche Risiken, die in erster Linie von freien Nanopartikeln ausgehen können, und wie die Gesellschaft sich diesen Problemen stellt.

Die Swiss NanoConvention findet am 18. und 19. Mai 2011 im Kultur- und Kongresszentrum TRAFÖ in Baden statt. Sie wird von der Empa, dem Paul Scherrer Institut (PSI) und der ETH Zürich organisiert. Die Förderagentur für Innovation KTI führt am zweiten Tag ihren Micro-/Nano-Event durch. Ausserdem lädt die NanoPubli die breite Öffentlichkeit ein, sich über die Welt des extrem Kleinen zu informieren. www.swissnanoconvention.ch

World Resources Forum 2011

Bereits zum zweiten Mal findet vom 19. bis 21. September 2011 das «World Resources Forum» WRF statt. Der Anlass will über die derzeitige Fokussierung auf den Klimawandel hinausgehen und den globalen Ressourcenverbrauch und die Ressourcenproduktivität auf die politische Agenda bringen. Politik, aber auch Wirtschaft sollen realitätsnahe Entscheidungsgrundlagen für die nächsten praktischen Schritte hin zu einer nachhaltigen Wirtschaftsordnung erhalten. Basis des WRF 2011 ist die Deklaration über den verantwortungsbewussten Umgang mit Ressourcen, die am WRF 2009 erarbeitet und verabschiedet wurde.

Das World Resources Forum richtet sich an Wissenschaftler, Politikerinnen, forschungsorientierte Praktiker, Beraterinnen, Nachhaltigkeitsfachleute und andere Personen, die in den Bereichen nachhaltige Entwicklung, Ressourceneffizienz, Öko-Innovationen und Klimawandel arbeiten. Die Konferenz – organisiert durch die Empa – wird in Davos durchgeführt, wo jeweils im Januar das World Economic Forum WEF stattfindet. Interessierte können bereits den Newsletter abonnieren; weitere Informationen auf www.worldresourcesforum.org



Meinung

Jean-Daniel Gerber



Jean-Daniel Gerber
Staatssekretär für Wirtschaft und
Direktor des SECO

“

Es freut mich zu sehen,
dass die Schweiz mit
der Empa über eine
international kompetente
Institution verfügt, die
auch in der Zusammen-
arbeit mit Entwicklungs-
ländern Brücken
zwischen Forschung
und Anwendung
schlagen kann.

”

Veranstaltungen

23. November 2010

Women in Science, why so few?

Vortrag von Prof. Petra Rudolf,
Universität Groningen, Niederlande
Empa, Dübendorf

25. November 2010

**Carbon nanotubes: Unique nanomaterials
with a broad field of applications**

Für Wirtschaft und Industrie
Empa, Dübendorf

23. bis 28. Januar 2011

**5th International Symposium Hydrogen and
Energy**

Für Wissenschaft und Industrie
Seminarhotel Stoos, Schweiz

8. bis 10. Februar 2011

SMAR 2011

First Middle East Conference on Smart Monitoring, As-
sessment and Rehabilitation of Civil Structures
American University in Dubai (AUD), Vereinigte Arabi-
sche Emirate

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

Ihr Zugang zur Empa:

