ETH zürich

ETH Library

EMPA Jahresbericht 2009

Report

Author(s):
EMPA, Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt

Publication date:
2010

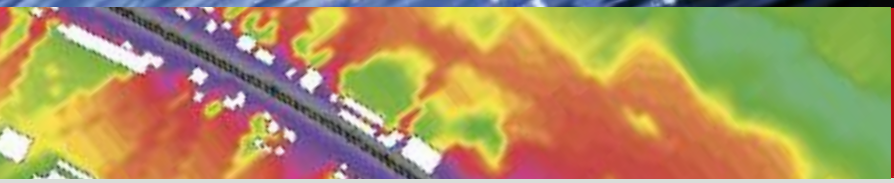
Permanent link:
https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-b-000303057

Rights / license:
In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

Originally published in:
EMPA Jahresbericht

This page was generated automatically upon download from the ETH Zurich Research Collection.
For more information, please consult the Terms of use.

Jahresbericht **2009**



EMPA

Materials Science & Technology

Inhalt

4
Vorwort
Hochstehende Forschung und innovative Anwendungen schaffen Mehrwert

6
Forschungsprogramme

8
Nanotechnologie
10
Adaptive Werkstoffsysteme
12
Natürliche Ressourcen und Schadstoffe
14
Materialien für Energietechnologien
16
Materialien für Gesundheit und Leistungsfähigkeit

18
Ausgewählte Projekte

20
Nanoelektronik dank «exotischem» Kohlenstoff
22
Die Zukunft des Solarstroms
24
Diamantartige Beschichtung für langlebige künstliche Gelenke
26
Mit «intelligenten» Betten gegen das Wundliegen
28
Self – Prototyp für ein neues Wohnkonzept
30
Flammschutzmittel ohne Brom und Chlor
32
Die Plazenta: «Filter» für Nanopartikel?
34
Künstliche Sehnen aus Biopolymeren
36
Präzise Materialstrukturierung im Sub-Mikrometerbereich
38
Unliebsame «Erbstücke» aus Gletschern
40
Testlauf für die Wasserstoff-Gesellschaft
42
Strom, der aus der Abwärme kommt
44
sonRAIL: ein Computermodell für leisere Züge

46
Empa Inside

48
Technologietransfer
50
Technologiezentren
52
Empa-Akademie
54
Wissenschaft im Dialog
56
Marketing
57
International PhD Program Switzerland – Poland

58
Zahlen & Fakten

60
Wissenschaftlicher Output
60
Wissensvermittlung / Technologietransfer
61
Personelles
63
Finanzielles
64
Bau / Betrieb
65
Organe der Empa
66
Organigramm

Hochstehende Forschung und innovative Anwendungen schaffen Mehrwert

Die Empa ist auf Kurs. Gemeinsam mit ihren akademischen Partnern erarbeitet sie Innovationen und transferiert sie an die Industrie und Gesellschaft. Als erstklassiges Institut für Materialforschung und Technologieentwicklung hat sie 2009 ihre Stellung in vielen Tätigkeitsfeldern weiter ausgebaut – und dies trotz «Stabwechsel» an der Spitze und einer fünfmonatigen Interimsführung. Beides ging glatt, ja geradezu unmerklich über die Bühne. Die Empa steht besser da denn je und ist bestens für künftige Herausforderungen gerüstet, dank einem effizienten Wissens- und Technologietransfer, innovativen Anwendungen und erneut gesteigertem wissenschaftlich-technischen Output.

Dies belegt auch ein Blick in die Statistik: So stieg etwa die Anzahl wissenschaftlicher Publikationen aus den Empa-Labors im Vergleich zum Vorjahr um über 16 Prozent. Der Schweizer Nationalfonds SNF bewilligte mehr eingereichte Empa-Projekte als je zuvor. Und erst vor kurzem genehmigte der Bundesrat auf Vorschlag des SNF eine unter der Leitung der Empa ausgearbeitete Projektskizze für eine Forschungsinitiative im Bereich Holz zum neuen Nationalen Forschungsprogramm (NFP) 66 «Strategien und Technologien zur wertoptimierten Nutzung der Ressource Holz». Das fünfjährige NFP 66 zielt auf ein ganzheitliches Verständnis der Ressource Holz, von seinen grundlegenden bio-physikalischen Eigenschaften bis hin zur nachhaltigen Nutzung. Auf dem Gebiet der physikalischen Holzeigenschaften ist, neben anderen Aktivitäten, eine gemeinsame Professur mit der ETH Zürich in Planung.

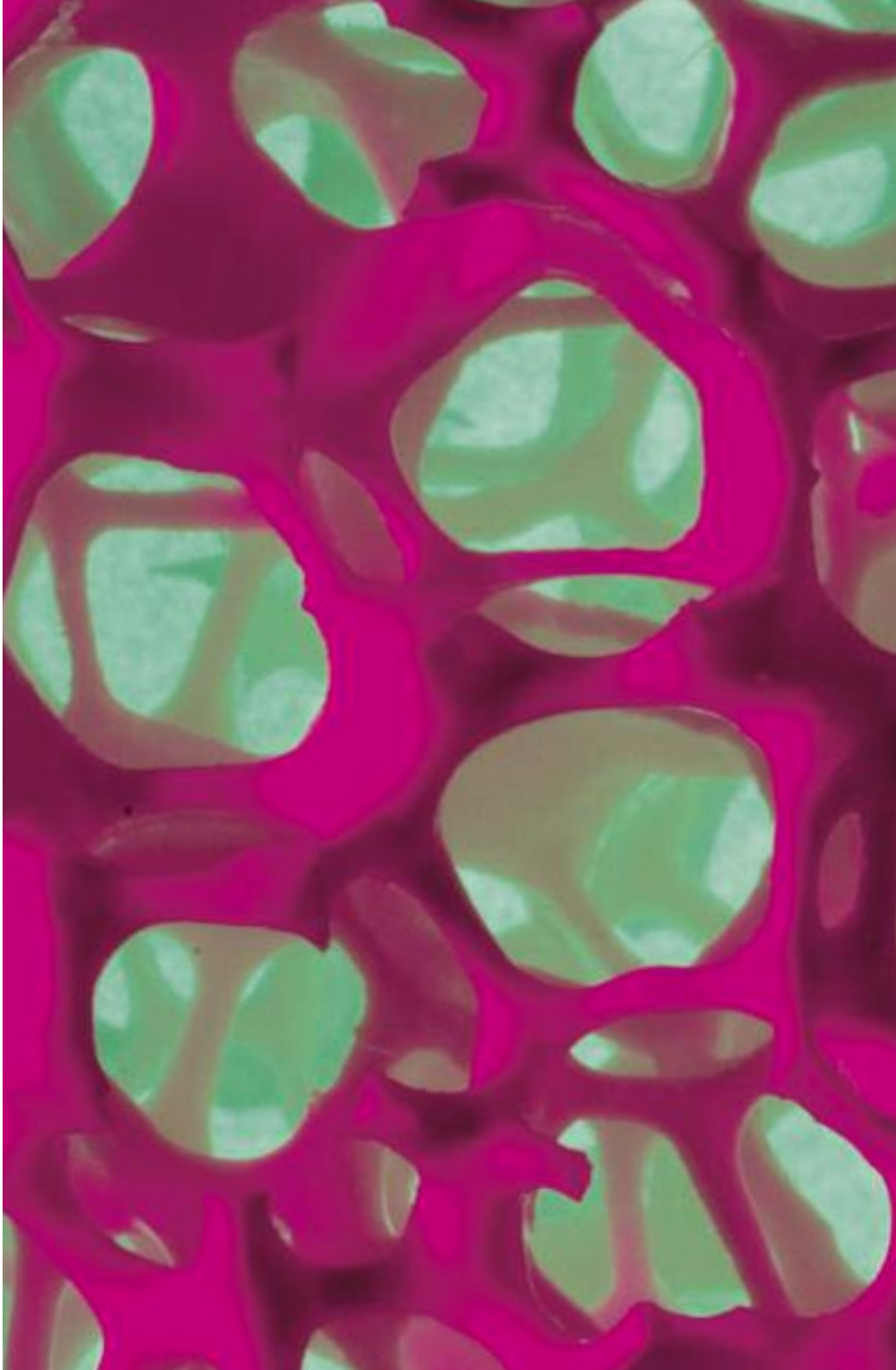
Genauso wichtig für den Erfolg des vergangenen Jahres wie die Generierung neuen Wissens waren die zahlreichen Transferprojekte mit Partnern aus der Industrie; vor allem die von der Förderagentur für Innovation KTI unterstützten Industriekooperationen nahmen massiv zu. Aber auch durch Spin-offs finden an der Empa entwickelte Technologien den Weg in den Markt. Ein bemerkenswertes Beispiel ist die Jungfirma «compliant concept», die kurz davor steht, ein «intelligentes» Bett auf den Markt zu bringen, das Druckgeschwüre bei bettlägerigen Patienten verhindern kann. Aufgrund ihres überzeugenden Lösungsansatzes und soliden Businessplans hat der Empa-Spin-off letztes Jahr einige namhafte Jungunternehmerpreise gewonnen.

Ausserdem findet Technologietransfer auch immer über «Köpfe» statt, etwa durch die rund 160 Doktoranden und Doktorandinnen, die derzeit an der Empa forschen. Zudem haben etliche Empa-Alumni inzwischen Stellen an anderen Forschungsinstituten und in der Industrie angetreten. Es verwundert daher kaum, dass die Empa in einer vor kurzem veröffentlichten Umfrage der Universität St. Gallen zur Reputation von Forschungseinrichtungen zu den «Top 10» in Europa gehört.

All dies wäre nicht möglich gewesen ohne das profunde Fachwissen und den engagierten Einsatz jedes einzelnen Mitarbeiters, jeder einzelnen Mitarbeiterin der Empa. Und wenn wir schon dabei sind: Die Anzahl der an der Empa arbeitenden Frauen hat auch 2009 wieder leicht zugenommen. Das darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass weitere Anstrengungen nötig sind, um Frauen im Ingenieurwesen und in naturwissenschaftlichen Berufen zu unterstützen und zu fördern. Die vor kurzem abgeschlossene Masterarbeit einer Empa-Mitarbeiterin zum Thema Chancengleichheit hat das Bewusstsein hierfür an der Empa wieder geschärft und neue Lösungsansätze vorgestellt. Letztlich werden auch die Industriepartner der Empa sowie die Gesellschaft als Ganzes davon profitieren werden.

Zu guter Letzt noch einige Worte des Dankes. An alle Mitarbeitenden unserer Institution für ihren unermüdlichen Einsatz und ihre beeindruckende Arbeit. An meinen Vorgänger Louis Schlapbach dafür, dass er die Empa zu einem leistungsstarken, hoch angesehenen Materialforschungs- und Technologieinstitut geformt hat. Und an Peter Hofer, der 2009 die Empa erfolgreich ad interim leitete. Die Kultur und die Stimmung, die ich hier antraf, machen aus der Empa «a great place to be» und stimmen mich für die Zukunft optimistisch.

Prof. Dr. Gian-Luca Bona
Direktor



Forschungsprogramme

Bessere Materialien – bessere Produkte

Das Forschungsprogramm koordinierte auch 2009 zahlreiche Empa-Aktivitäten in Nanowissenschaft und -technologie und förderte besonders anwendungsrelevante Projekte. Dadurch ist die Empa für ihre Industriepartner, aber auch für die Gesellschaft eine kompetente, verlässliche Partnerin in Sachen «Nano».

Das Plasma des reaktiven Magnetron-Sputter-Prozesses leuchtet hell zwischen den beiden Quellen für Aluminium und Silizium. Die Al-Si-N-Schichten können bei gleichbleibenden Eigenschaften in einem weiten Temperaturbereich abgeschieden und eingesetzt werden.

Materialcharakterisierung im Nanometermassstab

Die Empa verfügt über hoch spezialisierte Analytikgeräte und qualifiziertes Personal; dadurch ist sie in der Lage, Forschungsprojekte effizient durchzuführen und komplexe Dienstleistungen anzubieten. Ausserdem entwickelt die Empa innovative Instrumente. So etwa zusammen mit dem Paul Scherrer Institut (PSI) das konfokale Röntgenabsorptions- und Rasterkraftmikroskop (Nano-XAS), das seit November 2009 in einer Strahllinie der Synchrotron-Lichtquelle am PSI im Einsatz steht. Dieses weltweit einzigartige Instrument wäre ohne vereinte Kompetenzen beider Institutionen nicht zustande gekommen.

Ein weiteres Gerät für chemische Analytik im Nanometermassstab ist das 3D-Nanochemiscope, das die Empa zusammen mit einer deutschen High-Tech Firma, einem Schweizer KMU und ausländischen Hochschulpartnern im Rahmen eines EU-Projekts entwickelt. Anders als beim Nano-XAS arbeitet dieses Gerät mit Röntgen- statt mit Ionenstrahlen, was eine Analyse der molekularen Oberflächenstruktur ermöglicht.

Bessere Materialien durch nanoskalige Effekte

Harte und zähe Schichten auf spanabhebenden Werkzeugen sind für die Metall verarbeitende Industrie von grosser Wichtigkeit. Diese Schichten erlauben es, schneller und mit andauernd hoher Präzision zu produzieren. Die dazu eingesetzten Schichten erhalten ihre ausgezeichnete Härte durch wenige Nanometer grosse, in amorphe Matrix eingebettete Kristalle.

Empa-Forschende nutzten ihre grosse Erfahrung mit Hartstoffbeschichtungen von Werkzeugen, um optisch transparente Schichten herzustellen, die noch deutlich härter sind als Saphir. Um die für die extreme Härte verantwortlichen nanoskaligen Effekte besser zu verstehen und zu optimieren, arbeiteten experimentell tätige Wissenschaftler intensiv mit der Theoriegruppe der Empa zusammen, die die Entstehung von Defekten in den Nanokristalliten am Hochleistungsrechner der Empa simulierten. Variationen in Schichtdicke und die Kombination mit anderen Materialien ermöglichen auch farbige Beschichtungen, etwa für Architekturglas, dekorative Beschichtungen und für die Farbkodierung von chirurgischen Werkzeugen.

Von Materialien zu Komponenten und Geräten

Die Empa stellt nicht nur Materialien mit verbesserten Eigenschaften her, sie entwickelt auch neue, auf diesen Materialien basierende Produkte – etwa um Gesundheit und Leistungsfähigkeit zu erhalten. Während die einen Forschenden im entsprechenden Forschungsprogramm etwa die Wechselwirkung zwischen Zellen und Implantatoberflächen studieren, arbeiten andere im Nanotechnologie-Programm beispielsweise an Voraussagen, wie lange Hartstoffschichten auf künstlichen Gelenkimplantaten im Körper halten. Schichten aus diamantartigem Kohlenstoff (DLC) werden bereits im Automobilbau als Verschleissschutz eingesetzt. Auf Implantaten haben sie aber bisher wider Erwarten versagt. Warum, fanden Empa-Wissenschaftler heraus (siehe Seite 24/25). Zwischen der DLC-Schicht und der Metalloberfläche des Implantats bildet sich eine nur wenige Atomlagen dicke Zwischenschicht, die rasch korrodiert und zum Ablösen der Beschichtung führt. Inzwischen ist es gelungen, eine stabile Haftvermittlungsschicht sowie ein Messverfahren zur Voraussage der *In-vivo*-Lebensdauer zu entwickeln. Aufgrund Empas Zusammenarbeit mit dem Medizinaltechnikunternehmen Synthes ist diese Innovation auf dem Weg zur praktischen Anwendung.

Abschätzen von Risiken und Chancen

Die Chancen und Risiken neuer Technologien abzuschätzen, ist eine wichtige Aufgabe der Empa – auch bei der Nanotechnologie. Um den Dialog zwischen Forschung, Industrie und Gesellschaft zu fördern, hat die Empa 2009 an der 3. Nanoconvention die wesentlichen Akteure an einen Tisch gebracht. In Workshops, Vorträgen und Diskussionsrunden beleuchteten die ReferentInnen aus dem In- und Ausland nanotechnologische Entwicklungen von verschiedener Seite, diskutierten Chancen und Risiken und wagten einen Ausblick in die Zukunft.

Optisch transparente Hartstoffschichten aus Al-Si-N-Nanokompositen lassen sich auch farbig herstellen, wenn sie auf reflektierende Unterlagen aufgebracht werden.

Zusammenbau des konfokalen Röntgenabsorptions- und Rasterkraftmikroskops (Nano-XAS) am Paul Scherrer Institut (PSI).

Kontakt
Prof. Dr. Hans Josef Hug
hans-josef.hug@empa.ch

Intelligente Materialien für «smarte» Lösungen

Die Lancierung des Nationalen Forschungsprogramms 62 (NFP 62) «Intelligente Materialien» war für die Materialforschung in der Schweiz ein wichtiges Ereignis, stellt das Programm doch zusätzliche Mittel bereit und unterstreicht somit die strategische Bedeutung dieses Wissenschafts- und Technologiebereichs.

Empa-Forschende waren mit ihren Anträgen für «Smart Materials»-Projekte äusserst erfolgreich: Bei den insgesamt 21 Projekten, die in das Programm NFP 62 aufgenommen worden sind, stammen sechs von der Empa, was ihre zentrale Rolle auf dem Gebiet der intelligenten Materialien verdeutlicht.

KTI-Infotag an der Empa

Im August 2009 führte die Förderagentur für Innovation (KTI) an der Empa-Akademie eine breit angelegte Informationsveranstaltung durch, an der sie der Schweizer Industrie ihre Finanzierungsinstrumente präsentierte für Gemeinschaftsprojekte zwischen öffentlichen Forschungsinstitutionen und Unternehmen. Ein Schwerpunkt der Veranstaltung lag auf den adaptiven Werkstoffsystemen; denn diese bieten Schweizer Unternehmen ein grosses Potenzial, durch Innovationen ihren Wettbewerbsvorsprung zu halten. Die Empa nahm die Gelegenheit wahr, den rund 200 Teilnehmerinnen und Teilnehmern ihre Projekte der adaptiven Werkstoffsysteme vorzustellen.

«Aktives» Pflegebett

Forscher der Empa und der ETH Zürich gründeten im Mai 2009 den Spin-off «compliant concept». Derzeit entwickeln sie ein nachgiebiges (engl. compliant) Pflegebettsystem, das neue Massstäbe beim Vorbeugen von Druckgeschwüren – im Fachjargon Dekubitus – setzen und so eine optimierte Pflege bettlägeriger Personen ermöglichen soll (siehe Seite 26/27). Das System trifft bei Spitälern und Pflegeeinrichtungen auf grosses Interesse, verspricht es doch, das gefürchtete Wundliegen zu verhindern und das Pflegepersonal zu entlasten. Bereits mehrmals erhielt «compliant concept» von Förderinitiativen für Jungunternehmer wie «Venture Kick» und «Venture 2010» Auszeichnungen für ihre innovative Geschäftsidee. Auch gewann die Firma den Heuberger Winterthur Jungunternehmerpreis. Unterstützt wird sie ausserdem durch das KTI-Start-up-Programm, die Förderinitiative «Genilem» sowie von glaTec, dem Technologiezentrum der Empa am Standort Dübendorf.

Der Blimp hebt ab: «Künstliche Muskeln» aus elektroaktiven Polymeren ermöglichen eine fischähnliche Fortbewegung, indem sie den Körper verformen und die Schwanzflosse bewegen.

Doktorand Marcel Birchmeier (rechts) stellt einem Teilnehmer am KTI-Infotag die Zustandsüberwachung von Bauwerken vor.

Der Blimp hat abgehoben

2009 wurde das Projekt eines durch «künstliche Muskeln» aus elektroaktiven Polymeren (EAP) angetriebenen Prallluftschiffs (engl. Blimp) erfolgreich abgeschlossen. Dieses einzigartige Luftschiff baute die Empa zusammen mit der aeroix GmbH und der Technischen Universität Berlin. Der «Leichter-als-Luft»-Flugapparat mit einer Länge von acht Metern ist eine mit Helium gefüllte Hülle, die einer Forelle nachempfunden ist. Er bewegt sich vorwärts, indem elektrisch leitende EAP-Folien den Körper fischgleich verformen und den charakteristischen Schwanzflossenschlag ausführen. Das Projekt lieferte wertvolle Erkenntnisse zu Herstellung, Zuverlässigkeit und Steuerung grossflächiger EAP-Folien als Aktoren.

NFP 62 «Intelligente Materialien»

Das Innovationspotenzial intelligenter Materialien ist enorm. Deren fachgerechter Einsatz sichert der Schweizer Industrie einen Wettbewerbsvorteil, insbesondere der Uhrenindustrie, dem Maschinenbau, der Medizintechnik und Pharmazeutik, sowie dem Energie- und Bauwesen. Das Nationale Forschungsprogramm «Intelligente Materialien» (NFP 62), als Kooperationsprogramm zwischen dem Schweizerischen Nationalfonds (SNF) und der Förderagentur für Innovation (KTI) angelegt, soll die Entwicklung neuer intelligenter Materialien fördern und viel versprechende Arbeiten in F&E-Projekte der KTI überführen. Dafür stehen über 11 Millionen Schweizer Franken für eine Dauer von fünf Jahren zur Verfügung. (*www.nfp62.ch*)

Ein vom Empa-Spin-off «compliant concept» entwickelter Lattenrost lagert bettlägerige Personen aktiv um und verhindert so das in Pflegeheimen und Spitälern gefürchtete Wundliegen.

Kontakt
Prof. Dr. Edoardo Mazza
edoardo.mazza@empa.ch

Prof. Dr. Paolo Ermanni
paolo.ermanni@ethz.ch

Neue Technologien schonen das Klima

Der Forschungsschwerpunkt «Natürliche Ressourcen und Schadstoffe» soll dazu beitragen, sowohl den Ressourcenverbrauch als auch den Schadstoffausstoss unserer Gesellschaft zu senken. Für dieses Ziel werden die relevanten Technologie- und Umweltprozesse analysiert und technische Lösungen entwickelt. Ein Schwerpunkt liegt auf den klimawirksamen Gasen, vor allem auf Kohlendioxid, CO_2.

Abgasmessungen an einem Elektro-Gas-Hybridfahrzeug auf dem Rollenprüfstand der Empa.

Gas- statt Benzinmotor in Hybridfahrzeugen

Einen wichtigen Beitrag zur Senkung unserer CO_2-Emissionen können innovative Antriebstechnologien von Strassenfahrzeugen leisten. Heutige Hybridfahrzeuge basieren auf kombinierbaren Benzin- und Elektromotoren. Dabei ist die Antriebsleistung vom Ladezustand der Batterie abhängig. Die Empa und die ETH Zürich entwickeln ein Hybridkonzept, das auf einem CO_2-armen Erdgasmotor mit Turboaufladung basiert, der grösstenteils den Antrieb liefert. Der Elektromotor hingegen kompensiert vorwiegend die Nachteile des kleinvolumigen Turbomotors, wie das schwache Drehmoment beim Anfahren und das Turboloch. Dafür genügt eine kleinere und leichtere Batterie als bei den bisherigen Hybriden. Ausserdem ist es gelungen, beide Motoren anhand nur einer Kupplung mit dem mechanischen Getriebe zu verbinden. Das reduziert deutlich den technischen Aufwand und damit den Preis. Ein solches Fahrzeug emittiert – verglichen mit einem gleich grossen und gleich schweren Benzinfahrzeug – bei gleichem Fahrkomfort über ein Drittel weniger CO_2.

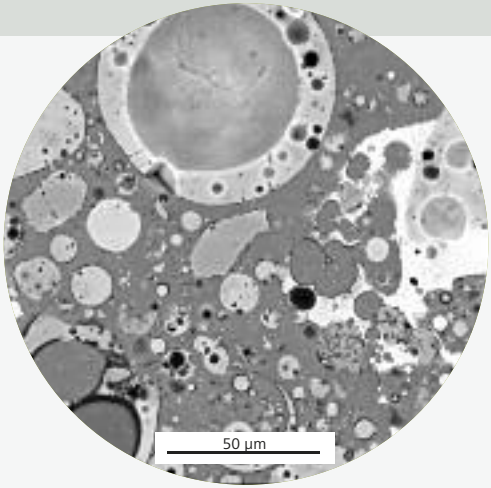
Bessere Katalysatoren – einfacher hergestellt

Neben den CO_2-Emissionen muss aber auch der Ausstoss konventioneller Schadstoffe weiter reduziert werden. Eine Massnahme dazu ist die katalytische Abgasreinigung. Die Empa entwickelt neue Verfahren für nanostrukturierte Katalysatorbeschichtungen. Dabei handelt es sich um thermische Sprühverfahren, bei denen die katalytische Schicht, der so genannte «Washcoat», in nur einem Schritt hergestellt werden kann. Dies bedeutet eine grosse Zeitersparnis, verglichen mit dem üblichen nasschemischen Mehrschrittverfahren. Messungen belegen, dass bei den nach neuem Verfahren hergestellten Katalysatoren die katalytische Aktivität gleich gut oder sogar besser ist – aufgrund der verbesserten Verteilung der Edelmetalle.

Mit einer auf Quantenkaskadenlasern basierenden Absorptionsmesstechnik misst die Empa weltweit erstmals kontinuierlich stabile CO_2-Isotope.

Die Herkunft der Treibhausgase bestimmen

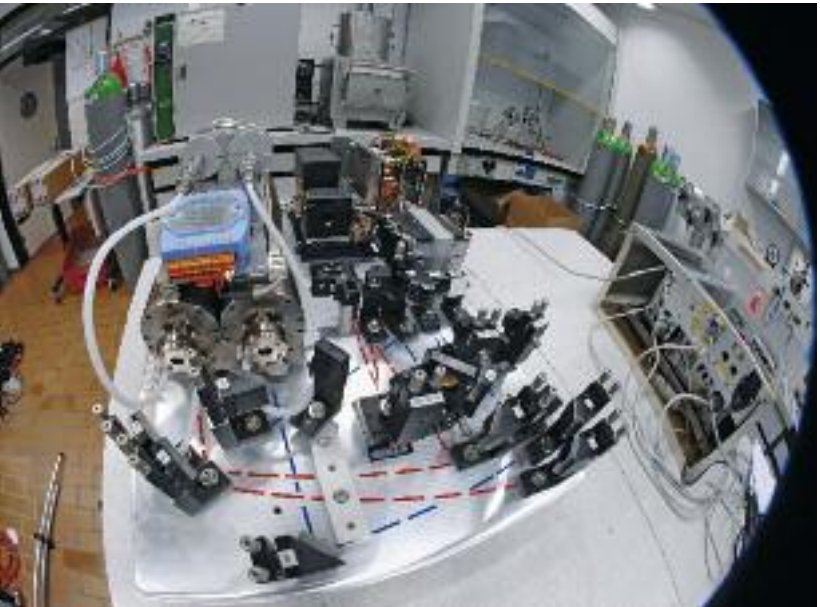
Mit einer auf Quantenkaskadenlasern basierenden Absorptionsmesstechnik misst die Empa auf der Forschungsstation Jungfraujoch weltweit erstmals kontinuierlich die stabilen CO_2-Isotope. Die Isotopenmuster gestatten die Unterscheidung von CO_2 biologischen Ursprungs und solchem, dass durch Verbrennen fossiler Treibstoffe entstanden ist. Die Kombination dieser Messungen mit atmosphärischen Transportmodellen eröffnet einen neuen Weg, die Herkunft solcher Treibhausgase zu bestimmen und damit die Emissionen aus verschiedenen Regionen zu ermitteln.



Anschliff eines alkaliaktivierten Flugaschebindemittels, aufgenommen mit einem Rasterelektronenmikroskop. Die runden Partikel sind die Flugaschen, die Matrix dazwischen die festigkeitsbildenden Hydratationsprodukte.

Flugasche macht Zementproduktion umweltfreundlicher

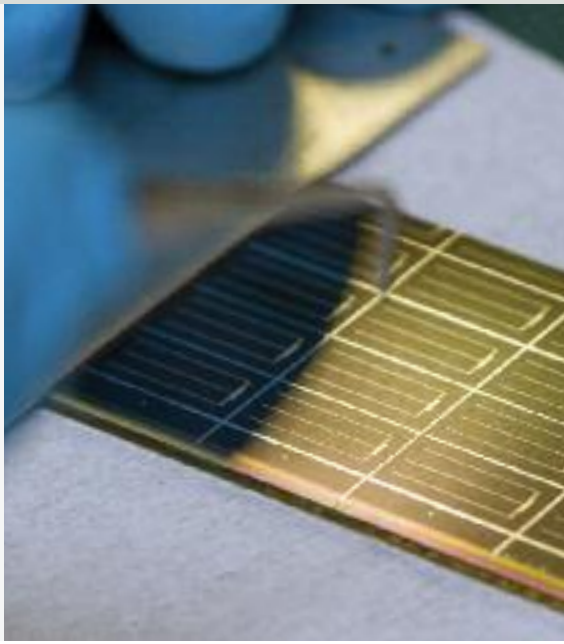
Eine wesentliche industrielle CO_2-Quelle ist die Zementproduktion, da beim Brennen des Zementklinkers das im Kalkrohstoff gebundene CO_2 zusätzlich zu demjenigen des Brennstoffs freigesetzt wird. Also sind neue Zemente gefragt, bei denen andere mineralische Produkte den Zementklinker zumindest teilweise ersetzen. Eine Möglichkeit ist Flugasche, die in Kohlekraftwerken in grossen Mengen anfällt. Flugasche besteht hauptsächlich aus glasartigen Alumosilicaten und trägt zum Abbinden und zur Festigkeitsentwicklung des Betons bei, allerdings deutlich langsamer als Zement. Die Empa sucht nach Wegen, diesen Prozess zu beschleunigen, um den Flugascheanteil im Zement erhöhen zu können. So würde nicht nur der CO_2-Ausstoss reduziert, sondern auch ein Abfallstoff sinnvoll verwertet.



Kontakt
Dr. Peter Hofer
peter.hofer@empa.ch

Grundlagen für die zukünftige Energieversorgung

Rohstoffe abbauen, um sie zu Produkten zu verarbeiten, die nach Gebrauch einfach weggeworfen werden, das darf nicht mehr sein, denn unsere Rohstoffe sind begrenzt. Fossile Energieträger zu verbrennen, führt zur Klimaveränderung, und die Entsorgung radioaktiver Abfälle ist weltweit ein ungelöstes Problem. Die Empa untersucht in ihrem Forschungsprogramm die Eigenschaften von Materialien und schafft so Grundlagen für zukünftige Technologien, die eine nachhaltige, effiziente und Ressourcen schonende Energiewirtschaft ermöglichen.



Die Forschungsaktivitäten der Empa auf dem Gebiet Energie konzentrieren sich auf die Bereiche von der Wandlung (erneuerbarer) Sonnenenergie mit Photovoltaik über die Energiespeicherung bis hin zur Wandlung der gespeicherten Energie in Arbeit und Wärme. Dabei ist Grundlagenforschung ebenso wichtig wie angewandte Projekte mit der Industrie, Demonstrationsprojekte und auch Produktentwicklungen in Startup-Unternehmen.

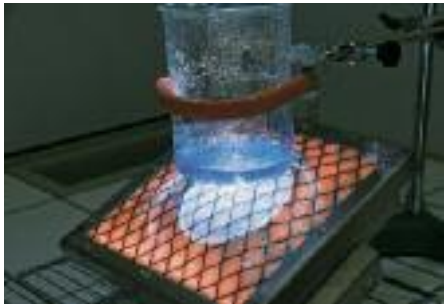
Dünne, flexible Photovoltaikzellen

Dünnschichtsolarzellen aus anorganischen Halbleitermaterialien lassen sich wegen ihres geringen Materialverbrauchs für unter 500 US-Dollar pro Kilowatt Nennwert herstellen. Die Halbleiter sind CdTe (Cadmiumtellurid) und CIGS (Kupfer-Indium-Gallium-(di)-Selenid), ihre hohe Lichtabsorption ermöglicht flexible Solarzellen von nur zwei bis zehn Mikrometer Dicke – Siliziumsolarzellen sind üblicherweise bis 400 Mikrometer dick und zudem noch starr. Dabei erreichen CIGS-Zellen bereits 16 Prozent Effizienz, ein Weltrekord.

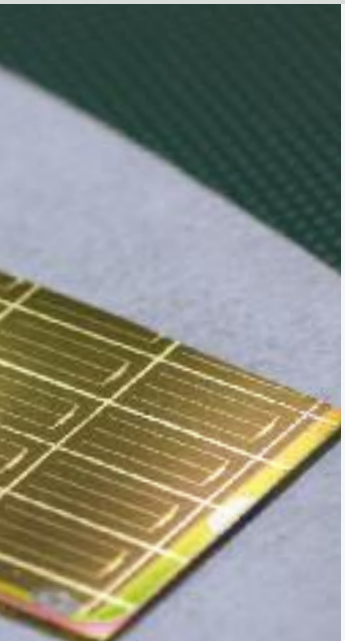
Aus Polymeren mit dünner Farbstoffschicht und starker Lichtabsorption lassen sich ebenfalls kostengünstige und flexible Photovoltaikzellen herstellen. Mit ihnen erreichte die Empa bereits eine Photoeffizienz von drei Prozent, was wiederum einen Rekord für derartige Materialien darstellt (siehe Seite 22/23).

Autarke Wohnzelle mit Wasserstoffkreislauf

Moderne Wohnkonzepte verlangen innovative Ideen für eine effiziente Energienutzung. Im Projekt «Self» (siehe Seite 28/29) erprobt die Empa Synthese, Speicherung und Nutzung von Wasserstoff anhand einer wasser- und energieautarken Wohnzelle für zwei Personen. Der Wohncontainer wird mit Wasserstoff (H_2) beheizt, gekocht wird ebenfalls damit. Wasserstoff ist ideal, da die erzeugte Wärme das richtige Temperaturniveau von 200 bis etwa 700 Grad Celsius aufweist und leicht regelbar ist. In einem Brenner mit Platin beschichteten Keramikfasern wird der Wasserstoff ohne Zündquelle katalytisch verbrannt. Es entstehen keine schädlichen Abgase wie CO_2 oder NO_x, sondern lediglich Wasserdampf. Im Sommer wird mit



Zum Kochen und Heizen verbrennt in der Wohnzelle «Self» ein Brenner aus mit Platin beschichteten Keramikfasern Wasserstoff.



Dünnschichtsolarzellen erreichen eine Effizienz von 16 Prozent: ein Weltrekord.

überschüssigem «Solarstrom» Wasserstoff durch Elektrolyse von Wasser gewonnen und in Metallhydridspeichern eingelagert.

Mit Wasserstoff angetriebenes Kommunalfahrzeug

Die Empa und das Paul Scherrer Institut (PSI) haben zusammen mit Bucher Schörling, Proton Motor, BRUSA Elektronik AG und Messer Schweiz AG ein wasserstoffbetriebenes Kommunalfahrzeug entwickelt, das im Mai 2009 in Basel vorgestellt wurde. «Bucher CityCat H2», so sein Name, ist das weltweit erste Kommunalfahrzeug mit Brennstoffzellenantrieb und wird derzeit während 18 Monaten im Alltagsbetrieb getestet. Brennstoffzellen wandeln Wasserstoff direkt in Strom um, dieser treibt den Elektromotor des Fahrzeugs an. Da aus dem «Auspuff» wiederum nur Wasserdampf entweicht, lässt sich die Luftbelastung in sensiblen Bereichen wie Fussgängerzonen, Bahnhofshallen oder gar geschlossenen Räumen wie Messehallen gegenüber konventionell angetriebenen Fahrzeugen deutlich reduzieren.

Biotreibstoffe – auf Nachhaltigkeit schnell getestet

Die Empa hat mit der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin sowie der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART) einen webbasierten Schnelltest für die Nachhaltigkeit von Biotreibstoffen entwickelt. Werden die relevanten Parameter der Produktionskette eingeben, verknüpft der Test diese mit Hintergrundinformationen und berechnet die insgesamt anfallenden Umweltbelastungen. Die Resultate werden mit vorgegebenen Nachhaltigkeitskriterien verglichen; daraus werden dann die Marktchancen der verschiedenen Biotreibstoffe, etwa für den Schweizer Markt, ersichtlich. Finanziert wurde das Projekt vom Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO).

Das weltweit erste Kommunalfahrzeug mit Brennstoffzellenantrieb wird während 18 Monaten im Alltagsbetrieb getestet.

Kontakt
Prof. Dr. Andreas Züttel
andreas.zuettel@empa.ch

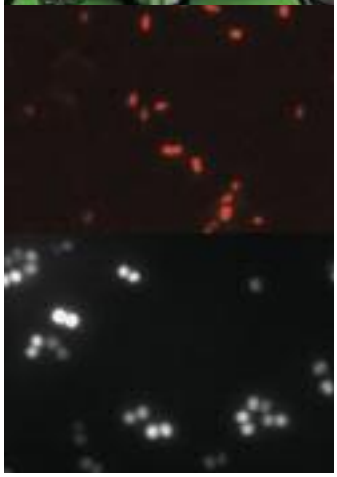
Im Dienste der Gesundheit und Gesunderhaltung

Mit modernen Materialien lassen sich medizinische Implantate deutlich verbessern. Derartige Neuentwicklungen können einerseits durch umfassende mechanische Tests, andererseits durch detaillierte Untersuchungen der Patientenanatomie optimiert werden. In interdisziplinären Projekten entwickeln Forschende der Empa Biomaterialien, Biofilme und Biomoleküle, die sowohl im medizinischen als auch im technischen Bereich zum Einsatz kommen.

Biomechanik für orthopädische Implantate

In der biomedizinischen Technik werden Implantate entwickelt und eingehend charakterisiert, bevor sie auf den Markt kommen. So etwa in biomechanischen Versuchen, in denen ein Implantat in einer simulierten physiologischen Lösung zyklisch belastet wird, während Sensoren Kraft, Weg und Dehnung unter Belastung messen. Die Empa entwickelt einerseits Methoden zur Qualitätsprüfung von Implantaten wie Hüftgelenk-Kugelköpfen, andererseits Simulationsverfahren, um die Belastungen der einzelnen Gelenke und Segmente des Muskel-Skelett-Systems vorherzusagen. Computergestützte Methoden wie die Finite-Elemente-Analyse ermöglichen es, Implantate für die Unfallchirurgie, künstliche Gelenke, Zahnimplantate, Knochen und Weichteile modellhaft darzustellen und zu optimieren.

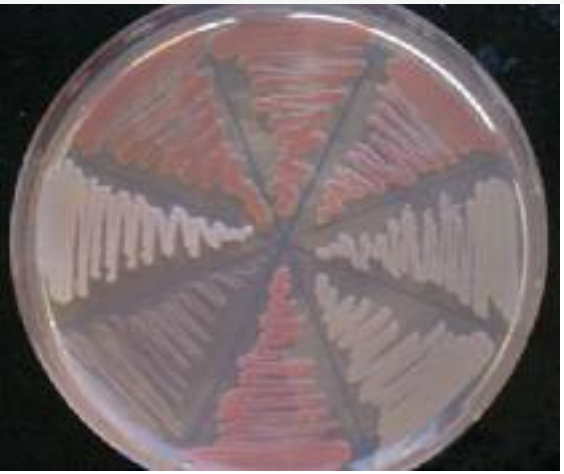
Mit einem Starrkörpermodell der Lendenwirbelsäule lassen sich Bewegungsumfang und Facettengelenkkräfte einzelner Wirbelebenen berechnen.



Im Bioreaktor werden mikrobielle Biofilme (*Pseudomonas putida* und *Staphylococcus aureus*) unter definierten Wachstumsbedingungen hergestellt.

Erforschung von Bioprozessen

Um Bioprozesse zu erforschen, setzt die Empa molekulare, mikrobiologische, biochemische und biotechnologische Verfahren ebenso wie Prozesstechnik und chemische Analysen ein. Zu den wichtigsten Tätigkeiten gehört die Umwandlung von Ausgangsstoffen zu hochwertigen Produkten mit Hilfe von Mikroorganismen oder Enzymen. Die Forschenden entwickeln Biomaterialien für therapeutische und diagnostische Zwecke, Impfstoffe und bioaktive Peptide sowie Enzyme für Biosynthese, Modifizierung und Abbau von Biomaterialien.



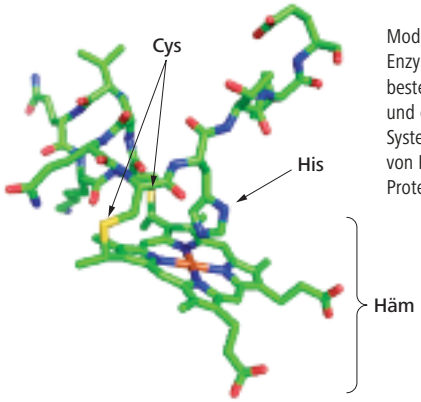
Bakterien mit verbesserten Enzymen zur Biopolymer-Synthese können mit Hilfe eines Farbstoffs schnell und einfach identifiziert werden.

Neue, biokompatible Materialien

Neue Biopolymere werden an der Empa biotechnologisch hergestellt und chemisch oder enzymatisch modifiziert, um ihnen spezifische Eigenschaften zu verleihen. Biopolymere sind körperverträglich, sie lassen sich vielfältig einsetzen: zur Entwicklung neuartiger Implantate, als Gerüste für das Zellwachstum, als Trägersubstanz für Enzyme und Proteine in der Bio-Chip-Technik, zur kontrollierten Freisetzung von Antifouling-Wirkstoffen, um die Biofilmbildung zu verhindern, oder als Ausgangsstoffe für die biotechnologische Herstellung neuartiger Medikamente. Die Forschungsgruppe stellt auch «lebende Biomaterialien» in Form standardisierter Mikrobengemeinschaften auf Oberflächen her, so genannte Biofilme.

Biotransformation und Biokatalyse

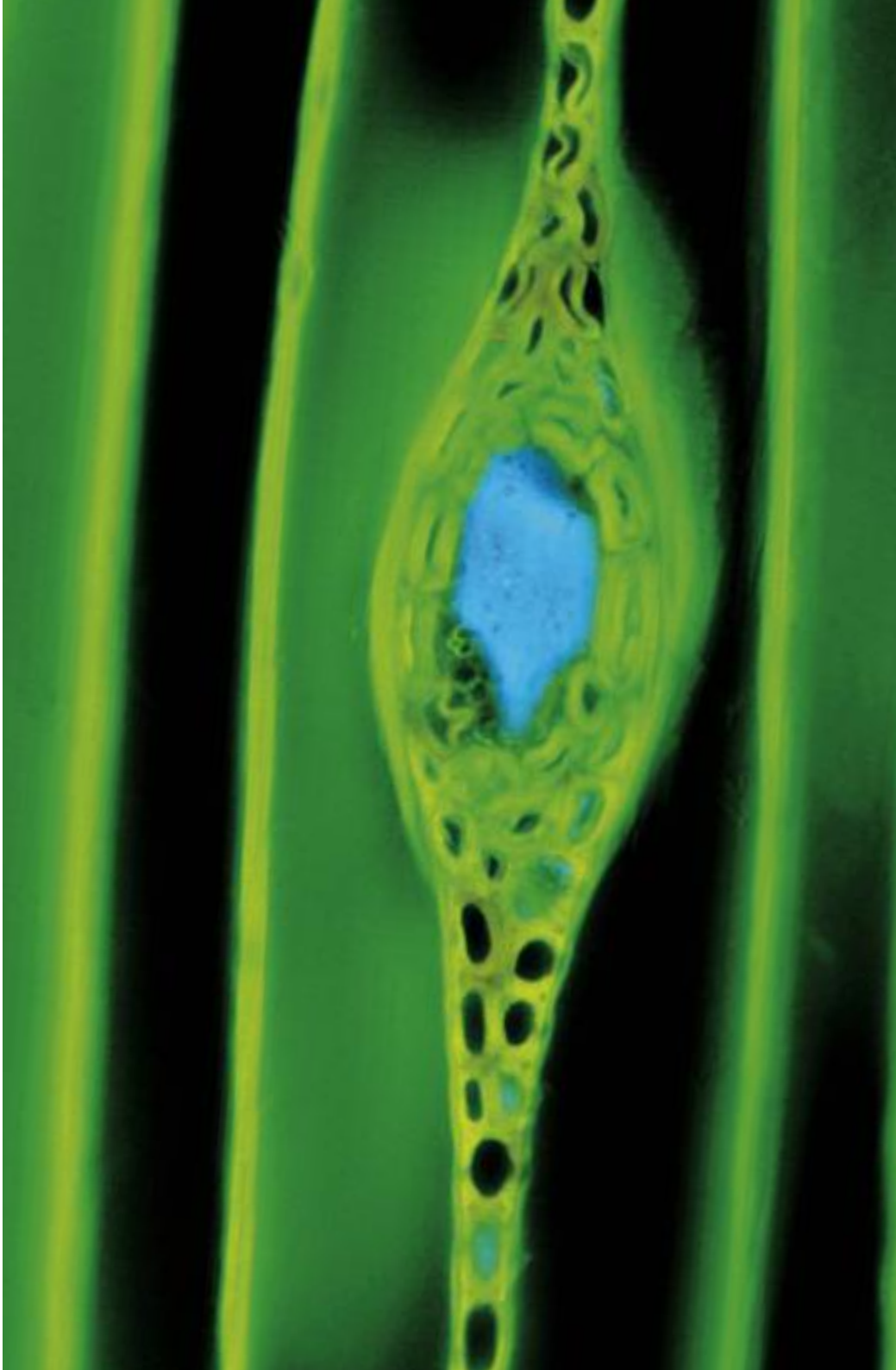
Werden einzelne Schritte oder ganze Prozesse chemischer Synthesen durch enzymatisch katalysierte Reaktionen ersetzt, erlaubt dies oft eine umweltfreundlichere, nachhaltigere Produktion. Die enzymatische Katalyse kann entweder durch ganze Zellen oder isolierte Proteine ablaufen. Empa-Forscherinnen und Forscher suchen neue Enzymaktivitäten oder verbessern bereits bekannte Enzyme und Prozesse so, dass die Produkte in grösserer Ausbeute, besserer Qualität oder reinerer Form vorliegen. Sie exprimieren Gene verschiedener Organismen in Bakterien und Pilzen, isolieren die entsprechenden Enzyme, untersuchen diese und verbessern sie durch genetische Manipulation, um neuartige Eigenschaften zu generieren.



Modell eines miniaturisierten Enzyms mit Peroxidase-Aktivität, bestehend aus 11 Aminosäuren und einer Hämgruppe. Dieses System kann für die Visualisierung von Proteinen in der Proteinanalytik genutzt werden.

Val-Gln-Lys-Cys-Ala-Gln-Cys-His-Thr-Val-Glu

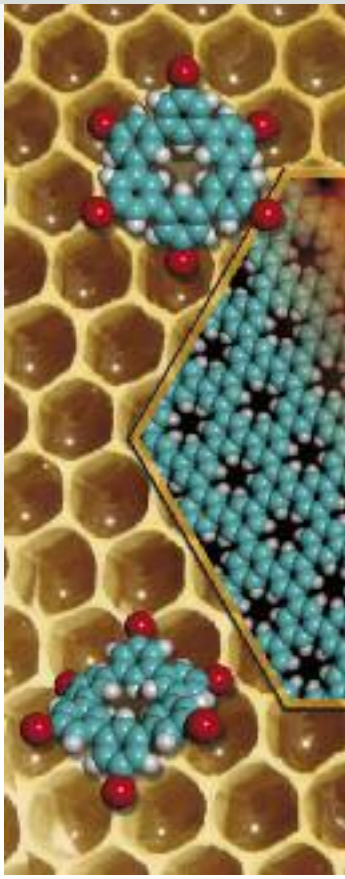
Kontakt
Dr. Katharina Maniura
katharina.maniura@empa.ch



Ausgewählte Projekte

Nanoelektronik dank «exotischem» Kohlenstoff

Kohlenstoff existiert in unterschiedlichen Formen wie Diamant und Graphit. «Exotischere» Modifikationen sind so genannte Fullerene und Graphen. Ein Empa-Forschungsteam untersucht deren besondere elektronische Eigenschaften – und versucht, diese gezielt zu beeinflussen, um sie für nanoelektronische Anwendungen nutzen zu können.



Fullerene sind kugelförmig; der bekannteste Vertreter mit 60 Kohlenstoffatomen besitzt exakt die Form eines herkömmlichen Fussballs. In diese «Buckyballs» lassen sich unter anderem Metallverbindungen einlagern. Die daraus entstehenden Metallofullerene weisen einzigartige elektronische Eigenschaften auf, die sie beispielsweise als «Nano»-Datenspeicher für die IT-Industrie interessant machen. Empa-Forscher haben zusammen mit Kollegen der Universität Zürich, des Paul Scherrer Instituts (PSI) sowie des Leibniz-Instituts in Dresden Metallofullerene untersucht, deren Struktur aus 80 Kohlenstoffatomen und einem Trimetallnidrid (ein Stickstoffatom, drei Metallatome) besteht. Als Metall wurde Dysprosium aus der Gruppe der Lanthanoide verwendet.

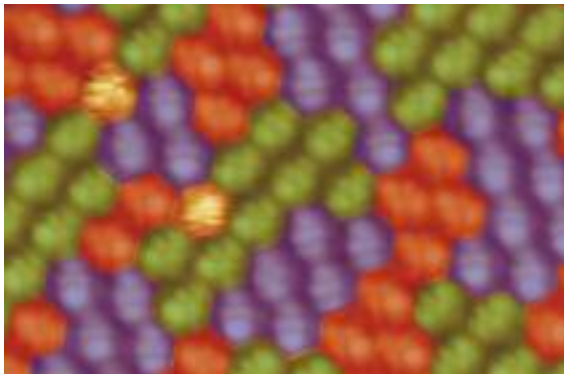
Prinzip für Datenspeicherung

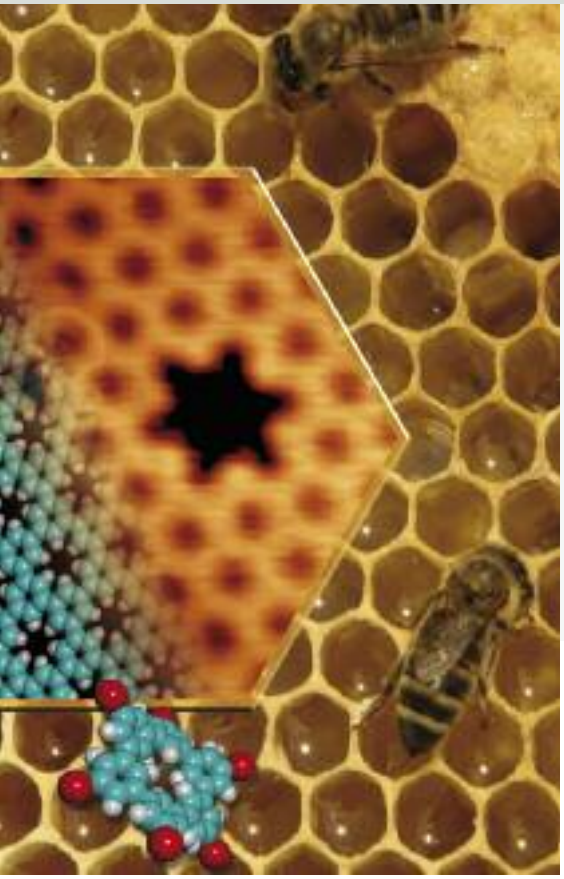
Die Forscher brachten für ihre Untersuchungen eine monomolekulare Metallofulleren-Schicht auf einer Kupferoberfläche auf. Dann beobachteten sie mit dem Rastertunnelmikroskop und der Photoelektronenbeugung an der «Swiss Light Source» (SLS), der Synchrotronstrahlungsquelle am PSI, wie sich die Metallofullerene auf der Unterlage anordnen. Dabei zeigte sich unter anderem, dass die eingeschlossenen Metallnitride die Kupferunterlage «spüren» und passende Orientierungen einnehmen. Liesse sich nun durch externe Stimuli – analog einem Schalter – eine Orientierung in eine andere umkippen, würde dies einen völlig neuartigen Mechanismus der Datenspeicherung ermöglichen.

Ein «poröses» Graphen entsteht

Eine andere, ebenfalls wissenschaftlich sehr interessante Kohlenstoffform, Graphen, besteht aus einer zweidimensionalen Kohlenstoffschicht, in der die Kohlenstoffatome in Sechsecken angeordnet sind, was an Honigwaben erinnert. Aufgerollt entstehen daraus Kohlenstoffnanoröhrchen, beim Stapeln von Schichten Graphit. Graphen verfügt über einige ganz besondere Eigenschaften: Es ist härter als Diamant, extrem reissfest und ein hervorragender Leiter, sowohl von Wärme als auch von Strom. Graphen gilt auch als möglicher Ersatz für Silizium in der Halbleitertechnologie. Erste Graphentransistoren sind nicht nur viel dünner als solche aus Silizium, sondern auch viel schneller. Durch den «Einbau» von Löchern mit kontrollierter Grösse und Verteilung versuchen Forscher, die elektronischen Eigenschaften von Graphen gezielt zu beeinflussen.

Empa-Wissenschaftler haben zusammen mit Kollegen des Max-Planck-Instituts für

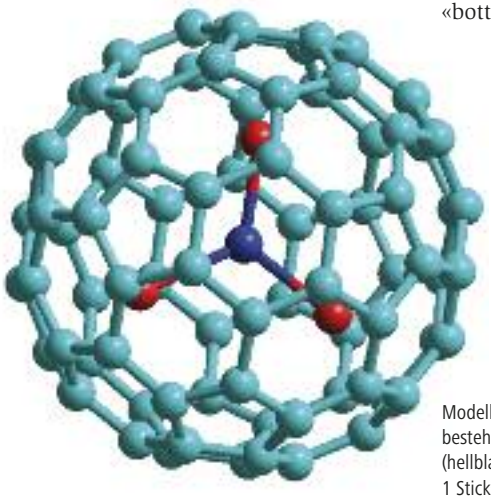




Seine besonderen Eigenschaften machen Graphen interessant für die IT-Industrie. Die Struktur von «porösem» Graphen erinnert an Honigwaben (links Strukturmodell des Polymers, rechts Rastertunnelaufnahme).

Polymerforschung in Mainz vor kurzem erstmals ein graphenähnliches Polymer mit genau definierten Poren synthetisiert. Dazu liessen sie molekulare Bausteine aus speziell funktionalisierten Phenylringen auf einer Silberoberfläche zu einem regelmässigen zweidimensionalen Netzwerk «zusammenwachsen». Es entstand ein «poröses» Graphen, dessen Porendurchmesser nur wenige Atome gross waren und dessen Muster sich im Subnanometer-Massstab wiederholt. Bislang wurden «poröse» Graphene lithografisch hergestellt, indem Löcher nachträglich in die Graphenschicht geätzt wurden. Diese Löcher waren nicht nur deutlich grösser, sie waren auch unregelmässiger verteilt und weit weniger dicht als mit dem «bottom-up»-Ansatz der Empa-Forscher.

Metallofullerene – aufgebracht auf einer Oberfläche – bilden geordnete Inseln identisch orientierter Moleküle. Liesse sich nun durch externe Stimuli – analog einem Schalter – eine Orientierung in eine andere umkippen, würde dies eine neuartige Form der Datenspeicherung ermöglichen. (Rastertunnelaufnahme, eingefärbt)



Modell des untersuchten Metallofullerens – bestehend aus 80 Kohlenstoffatomen (hellblau), 3 Dysprosiumatomen (rot) und 1 Stickstoffatom (dunkelblau).

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

Die Zukunft des Solarstroms

Die Sonne liefert genügend Energie, um uns langfristig mit umweltfreundlicher Energie zu versorgen. Empa-ForscherInnen entwickeln Solarzellen – aus klassischen, sprich anorganischen Halbleitermaterialien, aber auch aus organischen Stoffen – und dazugehörige Herstellungsverfahren, damit Solarstrom effizient und kostengünstig produziert werden kann.

Solarzellen fangen Sonnenenergie ein und wandeln sie direkt in Elektrizität um. (iStock)

Die Sonne ist eine Quelle schier unbegrenzter Energie: Innerhalb nur einer Stunde erhält die Erde genügend (Strahlungs-)Energie von der Sonne, um den globalen Jahresbedarf zu decken. Was läge also näher, als diese Energie zu nutzen. Photovoltaik wandelt Sonnenlicht direkt in elektrischen Strom um. In den letzten Jahren hat diese Technologie gewaltige Fortschritte gemacht und die Produktionskosten sind deutlich gesunken. Entsprechend wuchs der Markt für Solarzellen im letzten Jahrzehnt durchschnittlich um 30 Prozent jährlich.

Weltrekord für flexible Solarzellen

An der Empa befassen sich gleich mehrere Forschungsgruppen mit Photovoltaik, etwa mit Dünnschichtsolarzellen aus anorganischen Halbleitermaterialien wie CdTe (Cadmiumtellurid) und CIGS (Copper Indium Gallium (di)Selenide, auf Deutsch: Kupfer-Indium-Gallium-(di)-Selenid). Die Empa-WissenschaftlerInnen suchen «das Beste aus allen Welten», sei es beim Material oder bei den Verarbeitungsverfahren. Erfolge und Rekorde geben ihnen Recht. So hält die Empa mit einer Umwandlungsrate von 12,4 Prozent den Effizienz-Weltrekord für flexible CdTe-Solarzellen. Für flexible CIGS-Solarzellen auf Polymerfolie steht ihre Höchstmarke gar bei 16,0 Prozent, also noch deutlich höher als der frühere Empa-ETH-Rekordwert von 14,1 Prozent, der als höchster je von unabhängiger Seite bestätigter Wert gilt. Dabei kommt eine Empa-Spezialität zum Einsatz: die «Tieftemperatur»-Beschichtung für Polymerfolien. Die Schichten werden bei weniger als 450 Grad Celsius aufgetragen, was das Prozessieren auf den Folien erlaubt. Polymerfolien sind leicht und flexibel, sie lassen sich als Rollen beschichten, was die Herstellungskosten erheblich senkt.

Flexible Dünnschichtsolarzellen «made by Empa»: Neben der Effizienzsteigerung der Solarzellen legen die Forscher einen zweiten Fokus auf die Entwicklung kostengünstiger Produktionsverfahren.

Bereit für die industrielle Produktion

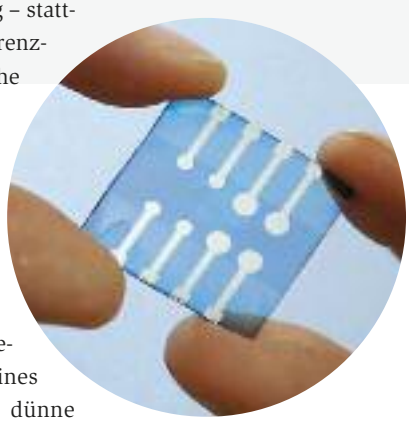
Im Weiteren wird auch mit Glas als Substrat gearbeitet. Damit erreichten CIGS-Solarzellen bereits eine Effizienz von 18 Prozent; dank Entspiegelungsbeschichtungen sollten es über 19 Prozent werden. CdTe-Solarzellen auf Glas, hergestellt im Tieftemperaturverfahren, zeigen eine maximale Effizienz von 15,4 Prozent. CIGS- und CdTe-Solarzellen sind bekannt für hohe Stabilität und lange Lebensdauer bei konstanter Leistung; zudem versprechen sie eine günstige Herstellung. Die an der Empa entwickelten Technologien sind bereit für die Überführung in die industrielle Produktion.

Das Prinzip der Grenzfläche

Neben Halbleitermaterialien interessieren sich Empa-Forscher auch für organische Materialien wie Polymere, die ebenfalls eine kostengünstige Produktion versprechen. Die Entwicklung befindet sich allerdings noch in einem sehr frühen Stadium. In diesen Solarzellen besteht die aktive Schicht in der Regel aus zwei Materialien. Eines wirkt als Elektronendonor, das andere als Elektronenakzeptor. Das Sonnenlicht verursacht in der aktiven Schicht «angeregte Zustände». Diese wandern zur Grenzschicht zwischen Donor und Akzeptor, wo eine Elektronenübertragung – und damit Ladungserzeugung – stattfindet. Je kürzer die Distanz zur Grenzschicht und je grösser die Grenzfläche zwischen Donor und Akzeptor, desto häufiger finden diese Elektronenübergänge statt. Eine Empa-Forschungsgruppe hat daher ein neues, zweistufiges Verfahren entwickelt, mit dem sich die Grenzflächenstruktur besser kontrollieren lässt. Im ersten Schritt wird ein Gemisch des aktiven Materials und eines «Gastpolymers» genutzt, um eine dünne Zweikomponentenschicht mit extrem «zerklüfteter» Grenzfläche zu erzeugen. Danach wird das Gastpolymer entfernt und durch die zweite aktive Komponente ersetzt.

Farbstoffe in Solarzellen

Eine weitere Alternative bieten stark absorbierende Farbstoffe, wie sie aus der Fotografie bekannt sind. Diese Moleküle ermöglichen extrem dünne Schichten, wodurch eine Strukturierung der Grenzfläche überflüssig wird. Die Empa-Forscher sind auch schon einen Schritte weiter; sie haben Farbstoffe synthetisiert, die ausschliesslich im nahen Infrarot (NIR) absorbieren. Da NIR für das menschliche Auge unsichtbar ist, sind solche Substanzen – und die daraus resultierenden Solarzellen – farblos, könnten also auf Fensterscheiben aufgebracht werden.



Organische Solarzellen «made by Empa»: Als Alternative zu den etablierten organischen Polymeren kommen an der Empa auch Farbstoffe zum Einsatz, wie sie aus der Fotografie bekannt sind.

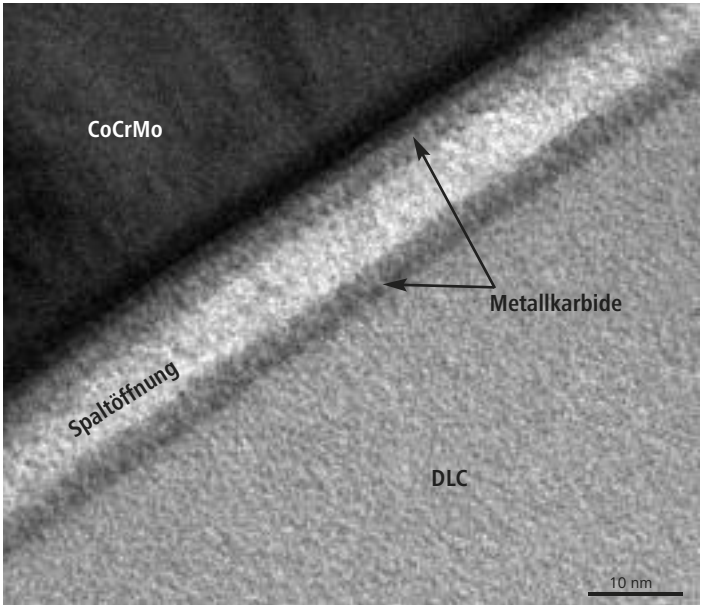
Kontakt
Prof. Dr. Ayodhya Tiwari
ayodhya.tiwari@empa.ch

Dr. Frank Nüesch
frank.nueesch@empa.ch

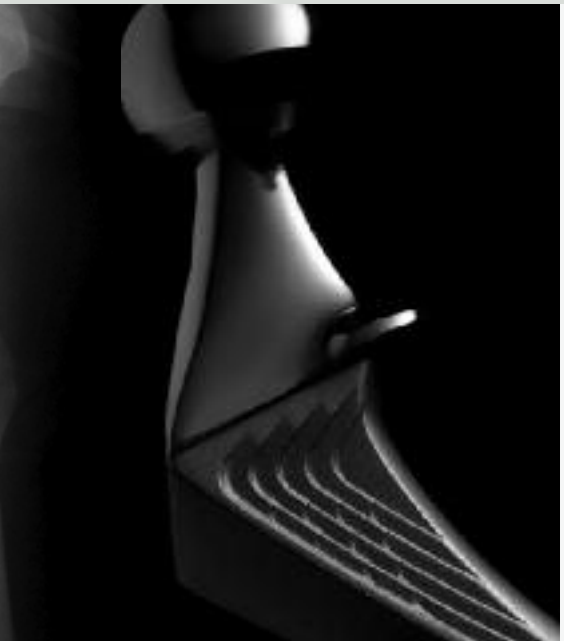
Diamantartige Beschichtung für langlebige künstliche Gelenke

Extrem harte Beschichtungen verlängern bei Bohrern, Computerfestplatten und Autokomponenten die Einsatzdauer. Was bei Werkzeugen und Bauteilen Erfolg hat, sollte auch bei künstlichen Gelenken gelingen. Zumindest theoretisch. In der Praxis versagen die Beschichtungen allerdings oft. Empa-Forschende fanden heraus warum und entwickelten ein Verfahren, mit dem sich die Lebensdauer der Beschichtung im Körper voraussagen lässt.

Heute ist jeder «Billig-Bohrer» aus dem Baumarkt beschichtet, die teuren Werkzeuge der Profis sowieso. Die harte Beschichtung – meist goldgelb schimmernd, grau oder schwarz – sorgt für bessere Reibungseigenschaften und weniger Abrieb. Eine dieser extrem harten Schichten, diamantartiger Kohlenstoff (engl. «Diamond-like Carbon», DLC), bewährt sich bei Computerfestplatten, Sägeblättern, Prägewerkzeugen, Rasierklingen, Einspritzdüsen und diversen anderen Autokomponenten. Was liegt da näher, als das besonders abriebfeste und langlebige DLC auch auf medizinische Implantate aufzubringen, etwa auf künstliche Gelenke? So könnte die Lebensdauer des Gelenks verlängert werden. Und auch die rund 50 000 abgeriebenen Partikel sollten sich vermeiden lassen, die in einem herkömmlichen künstlichen Hüftgelenk bei jedem Schritt entstehen und Entzündungen sowie andere unerwünschte Körperreaktionen auslösen können.



Nur mit hochauflösenden Analysengeräten sichtbar: Körperflüssigkeit ist in den etwa fünf Nanometer breiten Riss (helle Zone) in der Reaktionsschicht zwischen dem Implantat (CoCrMo) und der DLC-Schicht eingedrungen, was zum Ablösen der Schicht führt.



Die Empa fand die Ursache für das Ablösen von Implantatbeschichtungen *in vivo* und entwickelte zusammen mit Industriepartnern eine Methode, mit der sich die zu erwartende Lebensdauer eines Implantates im menschlichen Körper voraussagen lässt. (iStock)

Top im Labor

DLC hatte etliche Tests im Labor der Hersteller bestanden und sich als körperverträglich, extrem abriebfest und resistent gegen das relativ aggressive Körpermilieu erwiesen. Beim Einsatz im menschlichen Körper traten jedoch gravierende Probleme auf. Die Schichten waren nicht etwa – wie am ehesten zu erwarten – mechanisch abgerieben worden, sondern sie lösten sich nach einigen Jahren ohne erkennbare Ursache vom Implantatmaterial, meist Kobalt-Chrom-Molybdän- (CoCrMo) oder Titan-Aluminium-Niob- (TiAlNb) -Legierungen.

Hier kam die Empa ins Spiel. Ihre akribischen Untersuchungen der Grenzflächen – der Kontaktbereiche zwischen verschiedenen Materialien – mit hoch auflösenden Analysengeräten wie Focused Ion Beam FIB, Röntgen-Photoelektronen-Spektroskopie XPS, Augerelektronen-Spektroskopie AES und Transmissionselektronenmikroskopie TEM führten schliesslich zum Ergebnis. Die Grenzfläche ist entscheidend, wie Empa-Forschende in einem von der Förderagentur für Innovation (KTI) und der Medizintechnikfirma Synthes GmbH finanziell unterstützten Projekt herausfanden: Haften zwei Materialien gut aneinander, dann haben die obersten Atomschichten des einen Materials stark mit den untersten Atomschichten des anderen Materials reagiert. Dabei entsteht eine nur wenige Atomlagen dünne Reaktionsschicht – und somit ein neues Material. Die Forscher zeigten, dass gerade diese Zwischenschicht, die wegen ihrer geringen Dicke meist übersehen wird, für das Ablösen der DLC-Schicht verantwortlich ist, da sie nicht a priori korrosionsstabil ist.

Verschiedene Schädigungsmechanismen

So entstanden zum Beispiel durch Spannungsrisskorrosion Risse in der nur einige Atomlagen dünnen Reaktionsschicht zwischen den beiden Materialien, die mechanische Belastung führte zusammen mit der eindringenden Körperflüssigkeit zu einem langsamen Risswachstum und dadurch nach und nach zum Ablösen der DLC-Schicht. Neben einer korrosionsstabilen Haftvermittlungsschicht entwickelte die Empa gemeinsam mit Synthes und dem Beschichter Ionbond ein Verfahren, das es erlaubt, die Geschwindigkeit des Risswachstums unter körperähnlichen Bedingungen (*in vitro*) zu bestimmen; daraus lässt sich dann die zu erwartende Lebensdauer der beschichteten Implantate im menschlichen Körper berechnen.

In anderen Fällen war Spaltkorrosion für die Schädigung verantwortlich. In feinen Spalten bildete sich mit der Zeit ein aggressives, saures Medium. Dieses zerfrass allmählich die haftvermittelnde Zwischenschicht, was nach einigen Jahren unerwartet zum Ausfall der implantierten Gelenke führte. Auch für diesen Schädigungsmechanismus kann nun mit dem an der Empa entwickelten Testverfahren die zu erwartende Lebensdauer des eingesetzten Implantats vorausgesagt werden.

Kontakt
Dr. Roland Hauert
roland.hauert@empa.ch

Mit «intelligenten» Betten gegen das Wundliegen

Druckgeschwüre, in der Fachsprache Dekubitus, sind in Spitälern und Pflegeeinrichtungen ein Dauerthema, da sie grosse Schmerzen bereiten und einen enormen Pflegeaufwand erfordern. Im Kampf gegen das im Volksmund als Wundliegen bekannte Problem haben Forscher des Empa-Spin-off «compliant concept» ein Bett entwickelt, das die aufwändige Pflege von bettlägerigen Personen deutlich vereinfachen und in Zukunft auch bezahlbar machen soll.

Ein gesunder Mensch wechselt mehrmals pro Stunde seine Schlafposition. Dies ist ein unbewusster Schutzmechanismus. Bettlägerige Menschen hingegen sind aufgrund ihrer körperlichen Verfassung in der Regel dazu nicht mehr in der Lage. Wenn auf einer Körperstelle über einen längeren Zeitraum Druck durch das eigene Körpergewicht lastet, entsteht dadurch ein «Dekubitus», also ein Druckgeschwür. Das Blut kann in dieser Körperregion kaum mehr zirkulieren, das Gewebe wird nicht mehr ausreichend mit Sauerstoff versorgt und stirbt schliesslich ab. Das Fatale: Druckgeschwüre sind schwer heilbar und äusserst schmerzhaft. Im schlimmsten Fall ist die Wunde so tief, dass Knochen oder innere Organe freiliegen, dann können sie sogar lebensbedrohend sein.

Um Wundliegen vorzubeugen, müssen beispielsweise PatientInnen in Pflegeheimen alle zwei bis drei Stunden in eine andere Lage gebracht werden. Doch das ständige Umbetten ist für das Pflegepersonal eine enorme körperliche Belastung und verursacht bei vielen Pflegenden Muskelschmerzen und Rückenprobleme. Um eine 70 Kilogramm schwere bettlägerige Person zu wenden, braucht es neben einer speziellen Technik auch sehr viel Kraft.

Mangel an ausgebildetem Pflegepersonal

Laut einer Studie des Schweizerischen Gesundheitsobservatoriums (Obsan) und der Stiftung «Careum» fehlen im Jahr 2030 im Gesundheitswesen bis zu 190 000 Arbeitskräfte. Bereits jetzt mangelt es an Pflegepersonal. Oder anders ausgedrückt: Das vorhandene Personal muss sich um zu viele PatientInnen kümmern, was für Bettlägerige äusserst gravierende Folgen haben kann. Etwa in Form von Druckgeschwüren, die bereits in wenigen Stunden entstehen können.

Zwar existieren auf dem Markt einige Hilfsmittel zur Prävention und Therapie, doch diese haben entscheidende Nachteile: Entweder sind sie sehr pflegeaufwändig und/oder sie beeinflussen die Wahrnehmung und das Körpergefühl negativ, was zu einer weiteren Desorientierung und Demobilisierung des Patienten führt.

Der Empa-Spin-off «compliant concept»

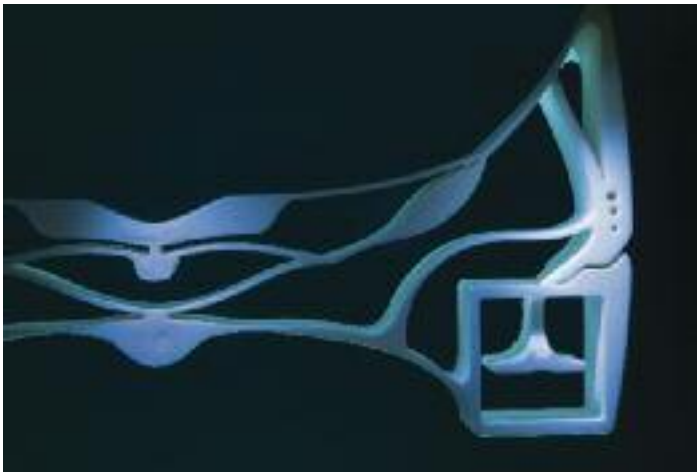
«compliant concept » arbeitet mit einem interdisziplinären Team, dem unter anderem der emeritierte Medizinprofessor Walter O. Seiler angehört, an der Entwicklung eines neuen Pflegebetts. Für den Forschungs- und Entwicklungsteil sind die ehemaligen Forscher der Empa zuständig; die Hochschule für Technik Rapperswil, die Firmen Festo AG, Bigla Care, Wissner-Bosserhoff, Nauer AG, Sarna Plastec AG, Produ-Plast AG und Composites Busch SA stellen die Prototypen her. Das praktische Know-how liefert die OBA AG, eine Spezialistin für Matratzen in der Pflege.

Im medizinischen Bereich wird «compliant concept» von dem Schweizer Paraplegiker-Zentrum und dem Universitätsspital Basel beraten, im technischen Bereich von der Empa sowie der ETH Zürich.

Mit einer druckempfindlichen Matte werden die für Dekubitus kritischen Stellen ermittelt, um die Bewegungen der Matratze optimal zu steuern.

Mit «smarten» Materialien gegen Dekubitus

Der Empa-Spin-off «compliant concept» hat ein neuartiges Pflegebett entwickelt, das die Bewegung eines gesunden Menschen während des Schlafens imitiert und damit die Patientinnen und Patienten in Spitälern und Pflegeeinrichtungen vor dem Wundliegen bewahren soll. Ein ausgeklügeltes System, bestehend aus einem aktiven Lattenrost aus «intelligenten» Strukturen sowie aus einer speziellen Matratze, sorgt dafür, dass bettlägerige Personen nicht zu lange in derselben Position im Bett verharren, sondern kaum merklich, aber beständig umgelagert werden. Dadurch wird das Wundliegen verhindert. Zudem besteht so die Möglichkeit, die verbleibende Beweglichkeit zu fördern. Das von «compliant concept»-Forschern in Zusammenarbeit mit der Hochschule für Technik Rapperswil, privaten Firmen und mit finanzieller Unterstützung der Förderagentur für Innovation (KTI) entwickelte Bett dürfte den Pflegeaufwand beim Umbetten erheblich reduzieren. Das Pflegepersonal erhält somit mehr Zeit, sich anderen Aufgaben zu widmen und sich intensiver um die Patientinnen und Patienten zu kümmern.



Adaptives Autositzkonzept: Druckentlastung ist auch für Lastwagenchauffeure auf Langstreckenfahrten von Vorteil.

Kontakt
Dr. Michael Sauter
michael.sauter@empa.ch

Self – Prototyp für ein neues Wohnkonzept

Mit «Self», einer modernen energie- und wasserunabhängigen Raumzelle zum Wohnen und Arbeiten, die komplett mit Schlafraum, Nasszelle und Küche ausgerüstet ist, erproben die Forschungsinstitute Empa und Eawag neue Gebäudekonzepte und Energietechnologien.

Die Raumzelle «Self» ist als Wohn- und Arbeitsort für zwei Personen konzipiert. Sie hat die Grösse einer 1,5-Zimmerwohnung und versorgt sich selbst mit Energie – und mit Wasser. Da «Self» einfach transportiert und praktisch überall aufgestellt werden kann, eignet sie sich für den temporären Einsatz an den verschiedensten Standorten, etwa als mobile Forschungsstation, als Veranstaltungslokalität, als bewohnbarer Werbeträger und vieles mehr.

Zwei Studenten der Zürcher Hochschule der Künste haben in ihrer Diplomarbeit ein Design für das Empa-Konzepthaus entworfen; seit 2008 arbeiten sie an der Empa an der Umsetzung ihrer Designstudie. Als Forschungs- und Demonstrationsprojekt soll «Self» den Nachweis erbringen, dass Wohnen ohne Komforteinschränkung – zumindest temporär – möglich ist, auch wenn lediglich natürliche Energiequellen genutzt werden.

Die Wohnzelle «Self» kommt ohne Wasser- und Stromanschluss aus. Im März stand sie bei winterlichen Verhältnissen am Ufer des Sihlsees bei Einsiedeln.

Unabhängig von Energie und Wasser

«Self» ist 7,7 Meter lang, 3,45 Meter breit und 3,2 Meter hoch. Mit einem Gewicht von knapp sechs Tonnen lässt sich der Wohnkubus per Lastwagen oder Helikopter transportieren. Technik, Versorgung und Raum effizient und trotzdem komfortabel zu verbinden, war die Herausforderung der Designer. Das technische Know-how hingegen kam von der Empa und der Eawag sowie ihrer Partnerinstitutionen und -firmen. Damit im Kubus zwei Personen auch über längere Zeit ohne Wasser- und Stromanschluss leben können, wird beispielsweise das auf dem Dach gesammelte Regenwasser zu Trinkwasser aufbereitet und das leicht verschmutzte Brauchwasser rezykliert.

Erprobung modernster Haustechnologie

Kaum etwas am «Self» entspricht dem heutigen «Stand der Technik», fast alles besteht aus speziell entworfenen und konzipierten Komponenten, so etwa die Sandwichplatten der Gebäudehülle aus glasfaserverstärktem Kunststoff. Für die Wärmedämmung sind hoch isolierende Vakuumpaneele im Einsatz. Ein Wärmetauscher wärmt die Frischluft mit der Abluft vor, der Wasserfilter läuft fast ohne Strom, die Toilette verbraucht nur einen Liter Wasser pro Spülung.

Das Projekt erprobt im Praxiseinsatz ausserdem die Wasserstofftechnologie – also Bereitstellung, Speicherung und Nutzung von Wasserstoff, etwa fürs Kochen und Heizen. Wasserstoff wird durch Elektrolyse hergestellt, die elektrische Energie dazu mit Solarzellen auf dem Dach umweltfreundlich erzeugt. Bis der Wasserstoff gebraucht wird, ist er in mit Metallhydriden gefüllten Behältern zwischengespeichert, ebenfalls ein an der Empa entwickeltes Novum.

«Self» abgebrannt

Am Karfreitag 2010 löste ein technischer Defekt einen Brand aus, der zur vollständigen Zerstörung von «Self» führte. Trotz dieses herben Rückschlages hält die Empa am Projekt fest und die Planung für «Self 2» läuft bereits. Die Erkenntnisse aus dem Brand sowie die Erfahrungen aus der Betriebsphase werden dabei berücksichtigt.

«Self» verbindet Technik, Versorgung und Raum effizient und trotzdem komfortabel, wie die Bilder zeigen. Im Urzeigersinn: Wohnraum, Küche, Schlafplatz, Waschraum/Dusche. (Boris Adolf).

Modernste Haustechnik auf engem Raum. (Boris Adolf)

Kontakt
Mark Zimmermann
mark.zimmermann@empa.ch

Dr. Adriano Joss
adriano.joss@eawag.ch

Flammschutzmittel ohne Brom und Chlor

Flammschutzmittel machen Textilien beständiger gegen Hitze und Flammen. Empa-Forscher entwickeln organische Phosphorverbindungen, um die gängigen, aber umstrittenen so genannten halogenierten Flammschutzmittel abzulösen.

Brände können schnell in einer Katastrophe enden. Bricht beispielsweise in einem geschlossenen Raum Feuer aus, haben die Menschen nur wenige Minuten Zeit, sich in Sicherheit zu bringen. Danach sinken die Überlebenschancen drastisch, weil sich das Feuer dramatisch schnell ausbreiten kann. Auch grosse Säle – Kinos, Theater, Diskotheken – können bei Feuer schnell zu Todesfallen werden. Um dies zu vermeiden, gelten entsprechend strenge Bestimmungen, etwa für Textilien, die als Theatervorhänge oder auch für die Bestuhlung in Flugzeugen gewählt werden. Substanzen, die als Flammschutzmittel wirken, sollen die Beständigkeit von Textilien gegen Hitze oder Flammeneinwirkung erhöhen und damit die Fluchtchancen der Menschen beim Ausbruch eines Feuers erhöhen.

Neben dem Brandschutz werden an Textilien aber auch andere, teils hohe Anforderungen gestellt. So müssen sie unter anderem strapazierfähig sein, denn bei der Herstellung der Fasern und der Textilveredelung wird teilweise mit hohen Temperaturen und aggressiven Substanzen gearbeitet. Textilien, die getragen werden oder auf denen man sitzt, müssen angenehm auf der Haut sein. Und nicht zuletzt werden Textilien gewaschen. Wie beispielsweise Arbeitskleidung, die auch nach sehr vielen Waschgängen noch die Anforderungen an den Flammschutz zu erfüllen haben. Zudem müssen Textilien günstig sein.

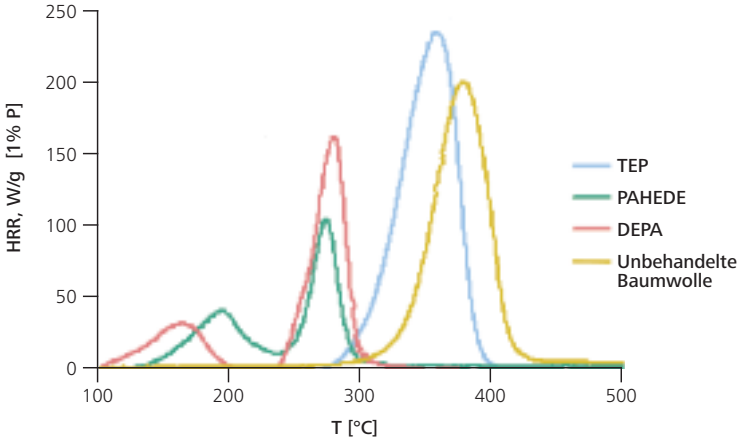
Ersatz für halogenierte Flammschutzmittel

Halogenierte Verbindungen – vor allem bromierte und chlorierte – waren lange Zeit beliebte Flammschutzmittel, gerieten aber in den letzten Jahren zunehmend in Verruf; einige sind inzwischen gar verboten. Dies, weil sie schwer abbaubar sind und sich deshalb in der Umwelt anreichern. Zudem können sie beim unkontrollierten Verbrennen hochtoxische Stoffe wie halogenierte Furane oder Dioxine freisetzen.

Auch für eine zweite Chemikalie, das Formaldehyd, sind Alternativen gefragt. In Flammschutzmitteln wird es als so genannter Vernetzer eingesetzt, also als Bindemolekül zwischen dem eigentlichen Flammschutzmittel und den Fasern. Formaldehyd steht jedoch im Verdacht, Krebs erregend zu sein. Vernetzer ohne Formaldehyd sind aber nicht für alle Flammschutzsysteme geeignet. So drängt sich die Suche nach neuen Produkten auf.

Geschlossene Räume können bei Feuer schnell zu Todesfallen werden. Deshalb gelten entsprechend strenge Bestimmungen, etwa für Textilien. (iStock)

Neben dem Brandschutz werden an Textilien auch andere, teils hohe Anforderungen gestellt. So sollten sie – zumindest einigermassen – angenehm zu tragen sein.



Hitzeentwicklung gemessen an unbehandelter und an mit diversen Flammschutzmitteln (TEP, PAHEDE, DEPA) ausgerüsteter Baumwolle: Die behandelte Baumwolle fängt an, sich schon bei tieferen Temperaturen zu zersetzen, und es entwickelt sich weniger Hitze (für PAHEDE nur noch rund 50 Prozent im Vergleich zu unbehandelter Baumwolle). HRR: Heat Release Rate, auf Deutsch Hitzeentwicklung in Watt/g, gemessen mit dem Pyrolyse/Verbrennungskalorimeter. 1% P: Zugabe von Flammschutzmittel, so dass der totale Phosphorgehalt bezogen auf die Baumwolle 1 Gewichts-Prozent beträgt.

Alternativen mit Phosphor

Mögliche Alternativen sind Flammschutzmittel auf der Basis von Phosphor. Empa-Wissenschaftler arbeiten an einer Klasse von organischen Phophorverbindungen, den so genannten Phosphoramidaten. Im Zentrum dieser Verbindungen steht ein Phosphoratom, das mit drei Sauerstoffatomen und einem Stickstoffatom verbunden ist. Die Forscher variieren die funktionellen Gruppen, die an die Sauerstoff- und Stickstoffatome angehängt werden, und untersuchen anschliessend, wie widerstandsfähig beispielsweise die mit den synthetisierten Substanzen ausgerüstete Baumwolle gegen Flammenausbreitung und Zersetzung durch Hitze ist. Dabei zeigte sich, dass mit Phosphoramidaten behandelte Baumwolle bei tieferen Temperaturen verkohlt als unbehandelte, und dass sich dabei weniger Hitze entwickelt.

Mit geeigneten funktionellen Gruppen können diese flammhemmenden Eigenschaften noch verbessert werden. Generell besitzen Phosphoramidate ähnliche oder gar bessere Eigenschaften als herkömmliche halogenierte Flammschutzmittel. In weiteren Studien sollen nun die Phoshoramidate so verändert werden, dass ein Teil ihrer funktionellen Gruppen auch gleich als Vernetzer fungieren können.

Kontakt
Hansruedi Schmid
hansruedi.schmid@empa.ch

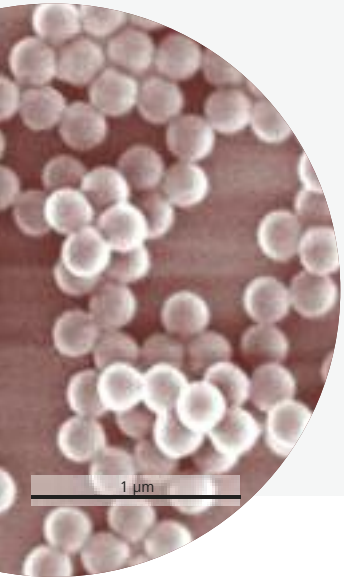
Die Plazenta: «Filter» für Nanopartikel?

Ob und wie freie Nanopartikel im menschlichen Körper wirken, darüber bestehen noch grosse Wissenslücken. So ist etwa wenig darüber bekannt, ob schwangere Frauen die winzigen Teilchen – einmal aufgenommen – an das ungeborene Kind weitergeben. WissenschaftlerInnen der Empa und des Universitätsspitals Zürich untersuchen dies mit Hilfe eines Plazentamodells.

Das ungeborene Kind ernährt sich im Mutterleib mit Nährstoffen und Sauerstoff über die Plazenta, die auch dafür sorgt, dass die zwei Blutkreisläufe sich nicht vermischen. (iStock)

Nanotechnologie soll nicht allein dabei helfen, anstehende Herausforderungen in Medizin, Energieversorgung oder Umweltschutz zu meistern, sie gilt auch als Innovationsmotor für die Schweizer Wirtschaft. Doch die Nanotechnologie wird sich nur dann durchsetzen, wenn auch potenzielle Risiken – etwa von freien Nanopartikeln – genau unter die Lupe genommen werden.

Die Empa untersucht bereits seit einiger Zeit die Auswirkungen verschiedener Nanopartikel auf menschliche Zellen und Gewebe. Diese Sicherheitsforschung dient dem besseren Verständnis dafür, was Nanopartikel im menschlichen Körper (und in der Umwelt) «anrichten» können – oder eben nicht. So erforscht das Empa-Team zusammen mit Medizinerinnen des Universitätsspitals Zürich seit knapp zwei Jahren die Plazenta. Diese ist sozusagen der Filter zwischen Mutter und ungeborenem Kind und stellt sicher, dass der Fötus mit Nährstoffen und Sauerstoff versorgt wird, aber auch, dass die Blutkreisläufe sich nicht vermischen.



Für die Forschungsarbeit wurden Nanopartikel aus Polystyrol in den Mutterkreislauf eingeschleust und beobachtet, ob diese in den fötalen Kreislauf wandern.

Barriere für Nanopartikel bestimmt

Die WissenschaftlerInnen wollen wissen, ob Nanopartikel die Plazentabarriere überwinden können. Gängige Tiermodelle wie Mäuse oder Ratten sind ungeeignet, da deren Plazenta grundlegend anders aufgebaut ist als die menschliche. Normalerweise ist es nicht einfach, am menschlichen Plazentagewebe wissenschaftliche Untersuchungen durchzuführen. Doch mehrere Mütter, die am Universitätsspital Zürich ihr Kind zur Welt gebracht hatten, stellten nach der Entbindung ihre Plazenta der Forschung zur Verfügung. In diesen «gespendeten» Organen lässt sich im Labor für einige Stunden sowohl der mütterliche als auch der daran gekoppelte fötale Kreislauf aufrecht erhalten. Für ihre Untersuchungen schleusten die WissenschaftlerInnen fluoreszierende Nanopartikel aus Polystyrol in den Mutterkreislauf ein und beobachteten, ob diese in den fötalen Kreislauf wandern können. Diese Polystyrolpartikel eignen sich besonders gut, da sie im Gewebe keinen Stress auslösen und sich gut nachweisen lassen.

Den Mechanismus verstehen lernen

Die injizierten Partikel wiesen verschiedene Grössen auf, angefangen bei 50 Nanometern bis zu einem halben Mikrometer. Erstes Fazit der Studie: Der Cutoff liegt zwischen 200 und 300 Nanometern. Partikel, die kleiner waren, gingen durch die Plazenta in den Kindskreislauf, grössere Partikel wurden zurückgehalten. Dass Nanopartikel unterhalb einer bestimmten Grösse in die Blutbahn des ungeborenen Kindes gelangen können, ist zwar nicht unerwartet, muss aber sicherlich weiter erforscht werden. So wollen die WissenschaftlerInnen der Empa und des Universitätsspitals Zürich den Mechanismus verstehen lernen, wie die Partikel durch die Plazenta «geschleust» werden – und zwar in beide Richtungen. Dies nicht ohne Hintergedanken: Sie möchten damit die Voraussetzungen schaffen, um Nanopartikel künftig auch therapeutisch nutzen zu können. So könnten diese etwa als Transportvehikel dienen, um Medikamente gezielter in den Kreislauf des ungeborenen Kindes zu schleusen und dabei den mütterlichen Organismus zu schonen.

Im Labor können sowohl der mütterliche als auch der fötale Kreislauf der Plazenta für einige Stunden aufrecht erhalten werden.

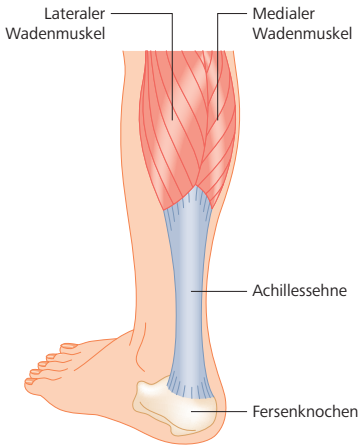
Kontakt
Dr. Peter Wick
peter.wick@empa.ch

Künstliche Sehnen aus Biopolymeren

Um gerissene Sehnen zu heilen, verwenden Chirurgen immer häufiger künstliche Materialien. Ein interdisziplinäres Empa-Team entwickelte eine Sehne aus Bikomponentenfasern, die vom Körper abgebaut wird, wenn sie ihre unterstützende Funktion erfüllt hat.

Sehnen leisten Enormes: Eine Achillessehne etwa kann das Zehnfache des Körpergewichts tragen. Um zu verstehen, welche Materialeigenschaften Sehnen so überaus belastbar und reissfest machen – und mit diesem Wissen neuartige künstliche Sehnen zu entwickeln –, starteten Ingenieure, Biologinnen und Textilwissenschaftler das Empa-Projekt «PHATendon». Sie recherchierten in der Literatur, befragten Medizinfachleute und spannten Achillessehnen von Schafen in Prüfstände ein, um sie beispielsweise auf Zug zu untersuchen. Schliesslich waren sämtliche mechanischen Parameter für die «ideale» Sehne bekannt.

Die Idee der Empa-Forscher: Eine künstliche Sehne herstellen, die biokompatibel, extrem belastbar und elastisch ist. Diese Kunstsehne unterstützt nach einem Sehnenriss die Heilung und verbleibt nur die dafür benötigte Zeit im Körper. Körpereigene Zellen docken an ihr an und vermehren sich, wodurch verletztes Sehnengewebe ersetzt wird. In angemessener Zeit baut der Körper die künstliche Sehne wieder ab.

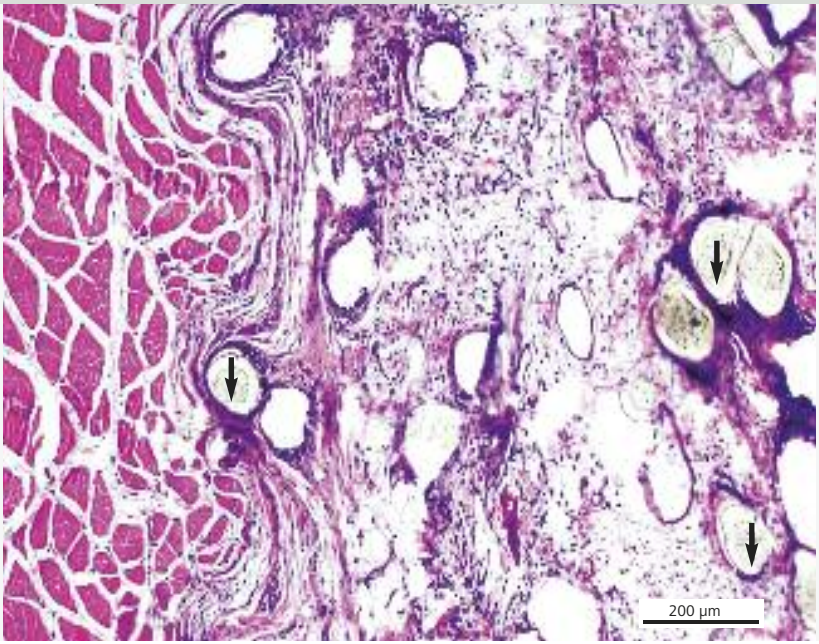


Auch die dickste Sehne des Körpers, die Achillessehne, kann bei plötzlicher starker Beanspruchung wie etwa beim Tennis oder auch beim Snowboarden reissen.

Polymere von Bakterien erzeugt und zu Fasern gesponnen

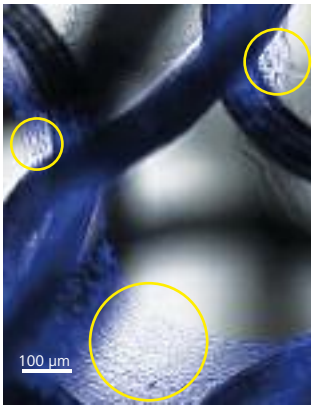
Für den passenden Werkstoff sorgen Bakterien. In einem Bioreaktor züchten ForscherInnen der Abteilung «Biomaterialien» Mikroorganismen, die natürliche Biopolyester namens Polyhydroxyalkanoate (PHA) produzieren. Diese Biopolymere können, je nachdem welche Spezies von Bakterien verwendet und welche Fettsäuren ihnen verfüttert werden, unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. Im Fall der künstlichen Sehne muss das Material nicht nur bioverträglich, fest und elastisch sein, sondern sich auch noch gut aufreinigen und zu Fasern verarbeiten lassen.

Die gereinigten Biopolymere werden dann in der Schmelzspinnanlage der Empa zu Fasern gesponnen. Die FaserspezialistInnen der Abteilung «Advanced Fibers» verfügen über eine Methode, die es ihnen erlaubt, Filamente aus mehreren Komponenten herzustellen. Verschiedene Biopolyester können so «verheiratet» werden; dadurch lassen sich die Eigenschaften des Endprodukts genau einstellen. Beispielsweise auch, wie lange es dauern soll, bis es sich abgebaut hat. Der Biokunststoff, in den die ForscherInnen die grössten Hoffnungen setzen, hat einen Kern aus Polyhydroxyalkanoat und einen Mantel aus Polylaktat.



Gewirke aus Mehrkomponentenfasern (s. Pfeile) werden von dichteren Bindegewebszellen umhüllt.

Die in der Schmelzspinnanlage zu Fasern gesponnenen Biopolymere wurden zu Textilien gewirkt und als Implantate für die *In-vivo*-Versuche an Ratten benutzt.



Bindegewebezellen (Fibroblasten) wachsen auf einer textilen Oberfläche aus Biokunststoff (gelb markiert).

Günstig verlaufene Tests in Biokompatibilität und Mechanik

ForscherInnen der Abteilung «Materials-Biology Interactions» haben den Rohstoff dann an menschlichen Zellen, so genannten Fibroblasten, in Zellkultur auf seine Bioverträglichkeit untersucht. Die Fibroblasten hafteten an den Bikomponentenfasern und wuchsen an ihnen entlang, um sie nach ein paar Tagen gänzlich zu umhüllen.

Die zu Textilien gewirkten Fasern wurden schliesslich in der Abteilung «Mechanical Systems Engineering» auf Elastizität, Dehnbarkeit und Reissfestigkeit getestet, und zwar in denselben Vorrichtungen, in denen vorher die Achillessehnen von Schafen untersucht worden waren. Fazit: Diese Empa-Sehne charakterisiert sich durch Messwerte, die den Werten der Schafssehnen entsprechen.

Um zu beobachten, ob das Material bei Tieren auch keine negative Wirkung hervorruft, pflanzten Mediziner des Projektpartners AO Davos die Kunstsehnen, also die gewirkten Fasern, für vier Monate in Ratten ein. Erste Resultate von Gewebeuntersuchungen an der Ludwig-Maximilians-Universität in München zeigten, dass das anliegende Muskelgewebe sich nicht entzündet hatte und die Tiere auf das Implantat nicht wie auf einen Fremdkörper reagierten. Dank dieser positiven Ergebnisse kann die Empa die künstliche Sehne nun mit einem Partner aus der Medizinaltechnikbranche gezielt weiterentwickeln.

Kontakt
Dr. Manfred Zinn
manfred.zinn@empa.ch

Präzise Materialstrukturierung im Sub-Mikrometerbereich

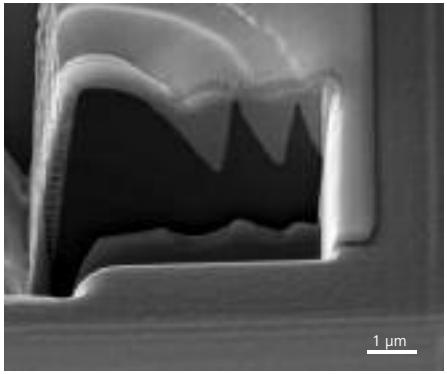
Eine Linse herzustellen, die kleiner ist als der Durchmesser eines menschlichen Haares und sehr genau fokussiert, bedarf spezieller Methoden. Empa-Forschende haben die «Focused Ion Beam»-Technik so optimiert, dass sie gekrümmte Strukturen reproduzierbar herstellen können. Interessant ist dies beispielsweise für den Prototypenbau in Mikroelektronik und Photonik.

Heutzutage werden Glasfasern nicht mehr nur für spezielle Anwendergruppen verlegt, sondern auch für Privathaushalte. Glasfasern sind die wohl bekannteste Form von so genannten Lichtwellenleitern. Statt elektrisch wie in herkömmlichen Kupferkabeln werden die Signale optisch, das heisst als Lichtwellen übertragen. Dies ermöglicht deutlich höhere Durchsatzraten, also Datenmengen pro Zeiteinheit, bis zu Terabits pro Sekunde. Davon profitieren vor allem datenintensive Nutzungen wie etwa der Datenabgleich zwischen Rechenzentren von Banken oder Universitäten, aber auch Downloads, Internettelefonie oder Onlinespiele.

Glasfasern kommen aber nicht nur für «Fernverbindungen» zum Einsatz, sondern immer mehr auch zum Verbinden von mikroelektronischen Bauteilen wie Prozessoren innerhalb eines Racks oder auf einer Leiterplatte. Die Photonik beschäftigt sich sowohl mit der optischen Übertragung als auch mit optischer Verarbeitung und Speicherung von Daten. Damit die Datenübertragung zwischen den einzelnen Bauteilen überhaupt funktioniert, ist es oft nötig, die Form des Lichtstrahls, der in die Glasfaser hineingeht oder diese verlässt, zu verändern. Dazu kann beispielsweise das Ende der Glasfaser zu einer Mikrolinse geschliffen werden. Die Forschung und besonders auch die Prototypenherstellung sind an Methoden interessiert, mit denen sich dreidimensionale Strukturen im Nanometerbereich äusserst präzise und reproduzierbar herstellen lassen.

So dünn wie ein Haar

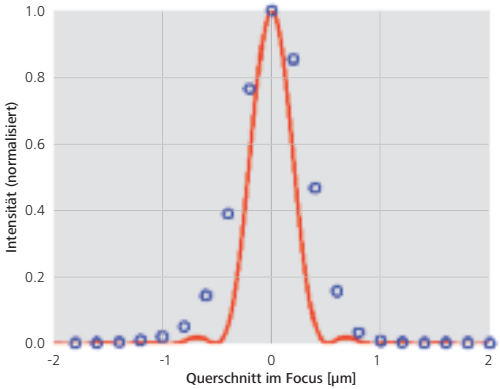
Glasfasern sind feine Gebilde. Die eigentliche Glasfaser besteht aus einem Kern mit einem Durchmesser von nur fünf bis zehn Mikrometern und einer Hülle mit einem Durchmesser von 125 Mikrometern, was etwa der Dicke eines menschlichen Haars entspricht. Der Strahl läuft im Kern. Kunststoffschichten um die Glasfaser schützen diese, so dass sie weniger leicht bricht. Um



Das «Focused Ion Beam», kurz FIB, ist ein ideales Gerät, um Lichtwellenleiter – beispielsweise Glasfasern – sehr präzise zu bearbeiten. Das Elektronenmikroskopbild zeigt den Querschnitt durch eine Mikrolinse, die mit dem FIB hergestellt wurde.

Glasfasern, die in der Telekommunikation immer beliebter werden, sind so dünn wie ein menschliches Haar. Um deren Enden zu bearbeiten, braucht es präzise Methoden. (iStock)

die Enden der Glasfaser zu einer Mikrolinse zu schleifen, wird beispielsweise «Focused Ion Beam», kurz FIB, eingesetzt. Dieses Gerät funktioniert ähnlich wie ein Rasterelektronenmikroskop. Statt Elektronen werden jedoch Ionen genutzt. Dabei lassen sich nicht nur Oberflächen abbilden, sondern auch manipulieren, indem die Ionen Atome aus der Oberfläche herausschlagen. Dreidimensionale Strukturen präzise herzustellen, ist jedoch schwierig. Denn bei tiefen Strukturen, beispielsweise steilen Flanken, wie sie eine Mikrolinse benötigt, treten nichtlineare Effekte auf. Einem Empa-Forschungsteam ist es gelungen, die Bearbeitung so zu optimieren, dass es die gewünschte Struktur mit hoher Präzision erzeugen konnte.



Empa-Forschende überprüften die Qualität der Mikrolinse, indem sie die im Computer simulierten optischen Eigenschaften der Linse (rote Linie) mit der Messung am SNOM (Scanning Near-field Optical Microscope, zu Deutsch: optisches Rasternahfeldmikroskop; blaue Kreise) verglichen.

Optimierte Methode liefert gewünschte Strukturen

Um die Qualität der Mikrolinse zu überprüfen, haben die Forschenden die Linse schliesslich noch vermessen. Da deren Brennweite nur etwa fünf Mikrometer betrug und der Brennfleck kleiner als ein Mikrometer war, mussten sie dafür eine spezielle Methode verwenden, ein modifiziertes SNOM («Scanning Near-field Optical Microscope», zu Deutsch: optisches Rasternahfeldmikroskop). Wegen ihrer Auflösungsgrenze eignen sich optische Mikroskope eigentlich nicht, um derart kleine Objekte zu untersuchen. Das SNOM umgeht diese Grenze, indem es nur Licht auswertet, das zwischen der Sonde des Mikroskops und dem Objekt ausgetauscht wird. Und somit ermöglicht es die Auflösung im Nanometerbereich.

Die Überprüfung zeigte, dass die Messungen mit dem SNOM schön mit Simulationen am Computer übereinstimmten. Das FIB ist also ein ideales Gerät, um unterschiedliche Lichtwellenleiter – neben Glasfasern auch photonische Kristalle oder Kristallfasern sowie planare Wellenleiter – lokal sehr präzis zu bearbeiten.

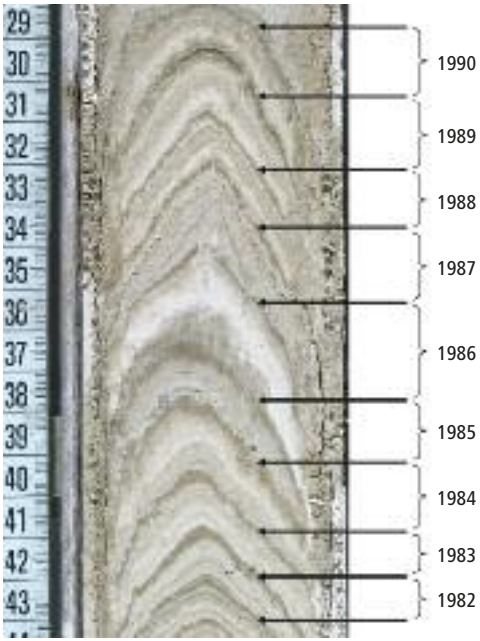
Kontakt
Dr. Rolf Brönnimann
rolf.broennimann@empa.ch

Unliebsame «Erbstücke» aus Gletschern

Was Gletscher in ihrem Eis über viele Jahre verborgen halten, geben sie irgendwann beim Schmelzen wieder preis. Dies gilt auch für so genannte POPs, schwer abbaubare organische Substanzen. Empa-Forscher analysierten Sedimentschichten eines Gletschersees und konnten so Gletscher als Sekundärquellen für diese seit langem verbotenen Chemikalien ermitteln.

Ziehen sich Gletscher aufgrund der Klimaerwärmung zurück, kommen Dinge zum Vorschein, die über Jahrzehnte oder Jahrhunderte in den Eismassen ruhten. Darunter auch chemische Substanzen, die seit Jahren verboten sind wie die so genannten POPs («persistent organic pollutants»), schwer abbaubare organische Umweltgifte. Dazu gehören technische Chemikalien, die etwa als Weichmacher oder Pestizide verwendet wurden, aber auch Dioxine. Viele dieser POPs sind hormonaktiv, Krebs erregend und stehen im Verdacht, die Entwicklung von Mensch und Tier zu stören. Zudem sind sie ausgesprochen langlebig und können

Probenahme auf dem Steinsee – um die Geräte zur Entnahme der Bohrkerne stabil platzieren zu können, muss der See zugefroren sein.



Sedimentschichten in Bohrkernen lassen sich wie Jahrringe von Bäumen lesen. (Eawag)

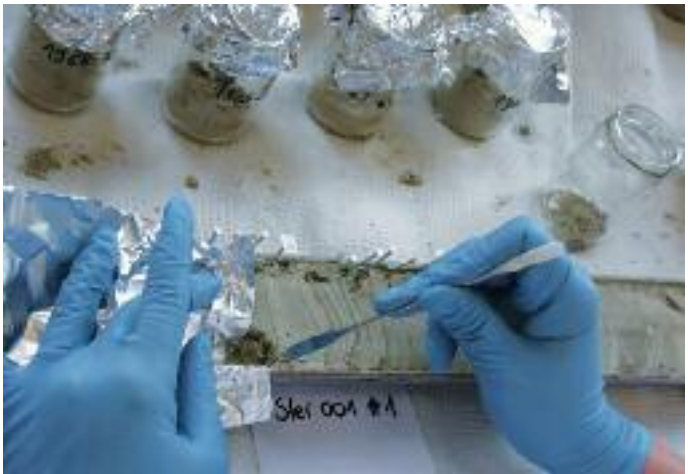
via Atmosphäre über grosse Distanzen verfrachtet werden. POPs finden sich deshalb praktisch überall auf der Welt, sogar in Gletschern, also inmitten hochalpiner, teils äusserst sensibler Ökosysteme.

Ein Bohrkern aus dem Gletschersee

Mit dem Schmelzwasser gelangen die POPs in Gletscherseen, sinken dort auf den Grund und lagern sich so im Sediment ab. Dies geschah und geschieht beispielsweise auch im Oberaarsee, den eine Forschungsgruppe der Empa, der ETH Zürich und der Eawag untersucht haben. Dieser Stausee, 1953 angelegt, befindet sich im Berner Oberland auf 2300 Meter über Meer nahe dem Grimselpass und wird von der Gletschermilch des Oberaargletschers gespeist. Im Winter 2006 entnahmen die Forscher dem zugefrorenen See Sedimentbohrkerne, schnitten sie in Scheiben und liessen diese gefriertrocknen. In den Empa-Labors untersuchten Chemiker dann die verschiedenen Sedimentschichten. Anhand der Schichten konnten sie bestätigen, dass von 1960 bis 1970 in grossem Umfang POPs produziert und emittiert wurden, und dass diese sich auch im Bergsee ablagerten. Ebenfalls gut zu erkennen war, wie Anfang der 1970er-Jahre mit dem Verbot dieser Stoffe die Schadstoffmenge in den Sedimentschichten massiv zurückging.

Erneuter Anstieg der POPs in jüngeren Sedimentschichten

Mindestens ebenso eindrücklich – und genauso überraschend – war allerdings auch der erneute Anstieg der POPs in jüngeren Sedimentschichten. Die Menge an chlorhaltigen Chemikalien liegt ab Ende der 1990er-Jahre gar zum Teil höher als in den 1960- und 1970ern. Ein möglicher Grund dafür: Der See wird hauptsächlich vom Oberaargletscher gespeist, dessen Zunge sich seit 1930 um 1,6 Kilometer zurückgezogen hat; allein in den letzten zehn Jahren schrumpfte er um mehr als 120 Meter und gab dadurch relativ grosse Mengen an den gespeicherten toxischen Substanzen frei. Gletscher sind also – wie von UmweltforscherInnen schon lange vermutet und nun erstmals nachgewiesen – ernst zu nehmende sekundäre Quellen für den erneuten Eintrag von POPs und ähnlichen Chemikalien in die Umwelt. WissenschaftlerInnen der Empa, der ETH Zürich, des PSI und der Eawag – darunter Chemikerinnen, Glaziologen und Sedimentologinnen – planen nun, das Verhalten der Schadstoffe im «ewigen» Eis noch genauer zu erforschen. Sie wollen herausfinden, wie POPs im Gletscher lagern, welche Wege sie innerhalb eines Gletschers zurücklegen, welche chemischen Veränderungen sie allenfalls erfahren, wenn sie starkem UV-Licht ausgesetzt sind, und ob mit noch grösseren Schadstoffmengen zu rechnen ist.



In den Empa-Labors wurden die verschiedenen Sedimentschichten auf Chemikalien untersucht – unter anderem auf verschiedene POPs.

Kontakt
Dr. Peter Schmid
peter.schmid@empa.ch

Dr. Christian Bogdal
christian.bogdal@chem.ethz.ch

Prof. Dr. Flavio Anselmetti
flavio.anselmetti@eawag.ch

Testlauf für die Wasserstoff-Gesellschaft

Wasserstoff als Energieträger könnte uns aus der Abhängigkeit von Öl, Gas und Kohle befreien. Doch im Gegensatz zu fossilen Brennstoffen muss Wasserstoff erst produziert werden – unter Verwendung erneuerbarer Energie. Die Empa hat ein Konzept für einen derart nachhaltigen Wasserstoffkreislauf auf ihrem Areal in Dübendorf erarbeitet.

Die rund 5500 Quadratmeter grosse Dachfläche der Empa-Gebäude am Standort Dübendorf könnte für Photovoltaikanlagen genutzt werden, die den Strom für ein Elektrolysegerät liefern, das Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff spaltet.

Die Wasserstoff-Experten der Empa haben ein ehrgeiziges Ziel: Sie wollen gemeinsam mit WissenschaftlerInnen anderer Disziplinen den Traum eines umweltfreundlichen Wasserstoffkreislaufs am Empa-Standort Dübendorf verwirklichen. In wenigen Jahren könnten die Dächer der dortigen Gebäude bläulich schimmern. Bis zu 5500 Quadratmeter Dachfläche liesse sich für eine grosse Photovoltaikanlage nutzen, also ein knappes Fussballfeld. Der Strom aus den Solarzellen soll ein neues, entsprechend dimensioniertes Elektrolysegerät speisen, das Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff spaltet.

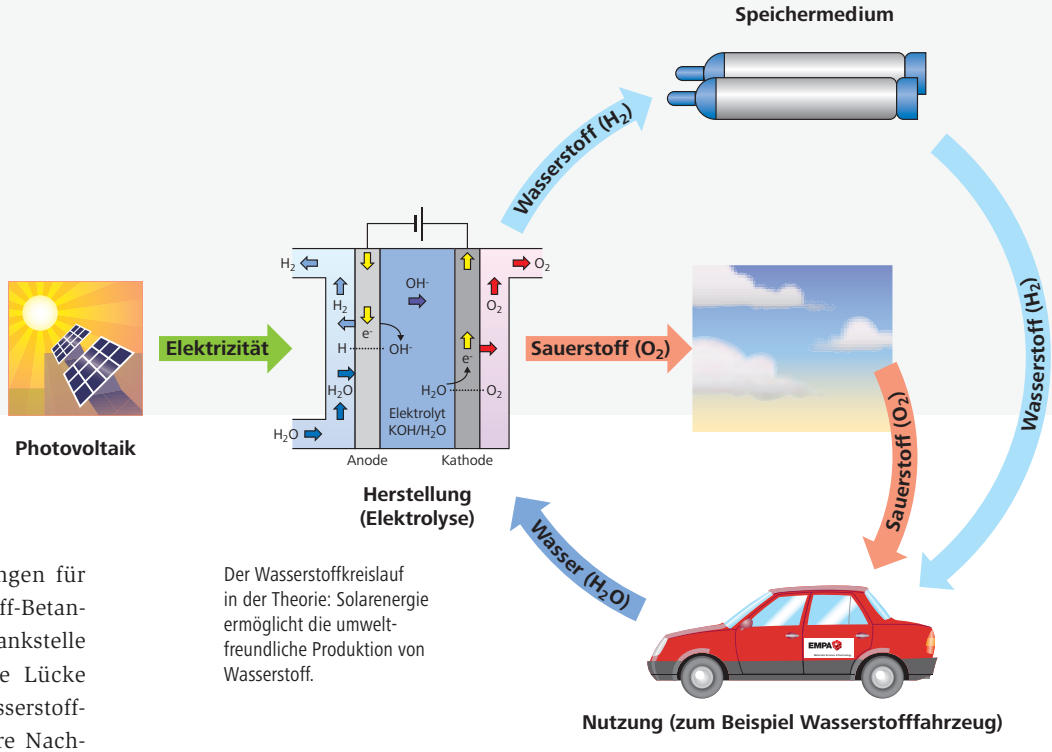
Der so gewonnene Wasserstoff dürfte reichen, um etwa 20 Autos anzutreiben, genug also für die gemeinsame Fahrzeugflotte von Empa und Eawag. Statt Abgase dampft dann nur noch Wasser aus dem Auspuff. Ausserdem können mehrere Abteilungen den Wasserstoff als Chemikalie in ihren Labors nutzen.

Allerdings war lange umstritten, ob Photovoltaikanlagen im wolkenreichen Klima Mitteleuropas sinnvoll sind. So denkt man beim Thema Energieversorgung im postfossilen Zeitalter häufig an riesige Solarfarmen in der Sahara und anderen Wüstengebieten der Erde. Doch die Empa-Forscher verweisen darauf, dass die Sonneneinstrahlung auf dem Gelände in Dübendorf immerhin halb so gross ist wie im Wüstengürtel der Erde. Daher sind sie überzeugt, dass sich die photovoltaische Stromerzeugung auch in Mitteleuropa lohnt.

Realisierung trotz fehlender finanzieller Unterstützung

Die Kosten für das geplante Wasserstoffprojekt sind auf 1,5 Millionen Franken geschätzt. Zum Leidwesen der Empa haben es die öffentlichen Stellen abgelehnt, den H_2-Kreislauf auf dem Gelände der Forschungsinstitution finanziell zu unterstützen. Daher werden die Forscher den Kreislauf nun nach und nach aufbauen. Am Pilotprojekt sind gleich mehrere zentrale Forschungsgebiete der Empa beteiligt, allen voran die Photovoltaik und die Automotorenforschung.

Durch die demnächst erfolgende Umrüstung der betriebseigenen Tankstelle auf Erdgas erhält die Empa die Möglichkeit, Erfahrungen mit gasförmigen Treibstoffen zu sam-



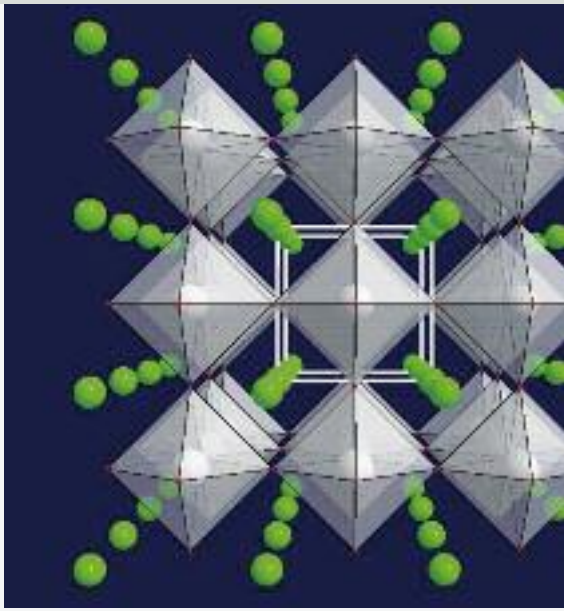
Der Wasserstoffkreislauf in der Theorie: Solarenergie ermöglicht die umweltfreundliche Produktion von Wasserstoff.

meln und somit die Voraussetzungen für eine sichere und simple Wasserstoff-Betankung zu schaffen. Die Wasserstofftankstelle an der Empa würde zudem «die Lücke Schweiz» im westeuropäischen Wasserstoff-Versorgungsnetz schliessen; unsere Nachbarländer im Norden und Süden wie auch im Westen haben schon derartige Betankungsstellen. Auch die anderen Komponenten des Kreislaufs wie das Gerät zur Elektrolyse und das Wasserstoffspeichermedium sollen im Zuge der Forschungstätigkeit im Verlauf von 2010 aufgebaut werden.

Kontakt
Prof. Dr. Andreas Züttel
andreas.zuettel@empa.ch

Strom, der aus der Abwärme kommt

Empa-WissenschaftlerInnen wollen umweltfreundlichen Strom aus (Ab-)Wärme erzeugen. Und zwar mit Hilfe so genannter Perowskite. Diese Metalloxide sind aufgrund ihrer speziellen Kristallstruktur in der Lage, Wärme direkt in elektrische Energie umzuwandeln. Die Umwandlung benötigt weder mechanische noch chemische Prozesse, sondern hängt allein von den Materialeigenschaften ab.



Perowskitartige Kristallstruktur.

Thermoelektrika werden sie genannt: Materialien, die, sobald in ihnen ein Temperaturunterschied herrscht, elektrischen Strom liefern. Ohne Lärm, Abnützung, Emissionen und ohne das Klima gross zu belasten. Empa-WissenschaftlerInnen entwickeln geeignete Materialien, um dieses Phänomen praktisch nutzbar zu machen.

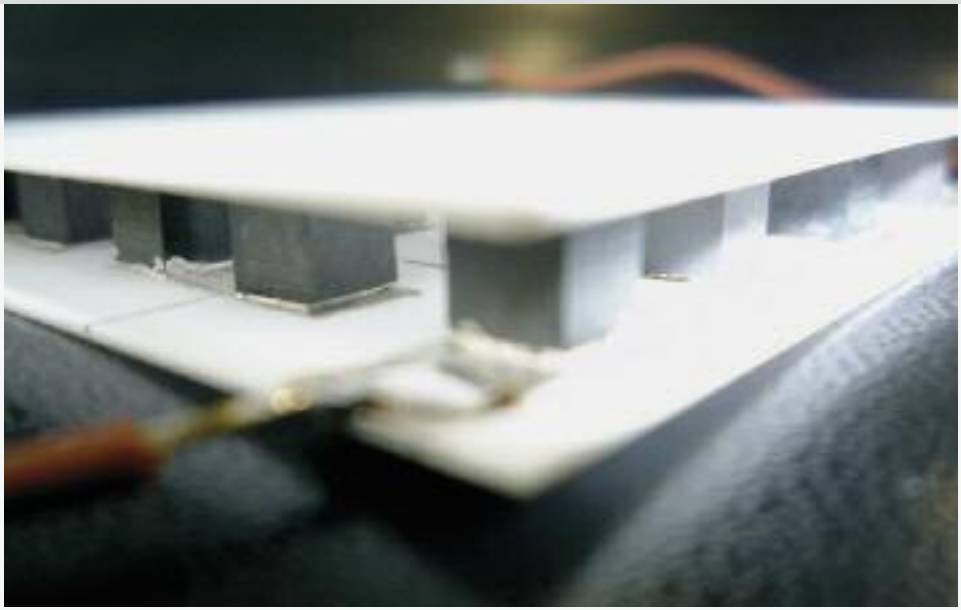
Denn Thermoelektrika sind nicht neu; die bislang «üblichen» Substanzen enthalten jedoch das seltene und deshalb teure – und dazu noch giftige – Metall Tellur. Ausserdem sind sie bei Temperaturen bis rund 300 Grad stabil und weisen zudem einen Wirkungsgrad von lediglich acht Prozent auf. Dadurch beschränkt sich ihr Einsatz bislang auf die Raumfahrt. Empa-ForscherInnen wollen nun ungiftige, stabile, effiziente und nicht zuletzt kostengünstige Thermoelektrika entwickeln.

Am zweiten internationalen «Thermopower Symposium» an der Empa im Juli 2009 präsentierten sie ihre neuesten Ergebnisse mit verschiedenen keramischen Thermoelektrika mit perowskitartiger Kristallstruktur.

Kristalline Verwandlungskünstler für klimafreundlichen Strom

Natürlich vorkommende Perowskite bestehen aus positiv geladenen Metallionen – beispielsweise Kalzium und Titan – und Sauerstoff. Ihre häufig schwarzen oder rotbraunen Kristalle haben die Form eines verzerrten Würfels. Zudem sind sie an Luft thermisch äusserst stabil, eignen sich also sogar für Anwendungen bei Temperaturen von mehreren Tausend Grad.

Die Besonderheit der Perowskite liegt in ihrer flexiblen Kristallstruktur, die deutliche Änderungen in der chemischen Zusammensetzung ermöglicht. Und je nach chemischer «Summenformel» unterscheiden sie sich in ihren Eigenschaften: Sie leiten Elektrizität und/oder Wärme oder können gar als Supraleiter eingesetzt werden. Gute Thermoelektrika sollten bei möglichst guter elektrischer Leitfähigkeit eine möglichst geringe Wärmeleitfähigkeit aufweisen. Dies erreicht das Empa-Team durch Nanostrukturierung der Materialien. Weiter optimiert werden die Thermoelektrika in den Labors, indem die Forschenden bestimmte Kristallbausteine wegnehmen, ersetzen oder hinzufügen, etwa Eisen oder Mangan. Sie synthetisieren also neue Materialien, deren Fähigkeit, Wärme in Elektrizität zu wandeln – die so genannte Thermokraft –, sich durch dieses elementare «Baukasten»-Prinzip gezielt verändern lässt.

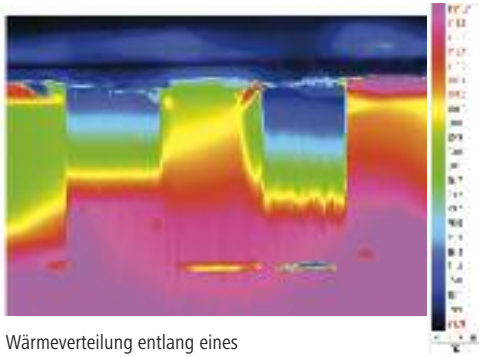


Der von den Empa-WissenschaftlerInnen entwickelte Energiewandler TOM (Thermoelektrisches Oxid-Modul).

Anders als in konventionellen Thermoelektrika bewegen sich die Ladungsträger in den Perowskiten durch «Hüpfprozesse». Diese hängen stark von den jeweiligen Nachbarn im Kristallgitter ab und können daher durch ein geeignetes Materialdesign beeinflusst werden. Der Empa-Forschungsgruppe ist es nun gelungen, die Energie pro Ladungsträger («Spin-Entropie») und damit die Thermokraft der neuen Materialien deutlich zu erhöhen; ein spezielles Kalziummanganat gilt gar als das bisher beste n-leitende Perowskit-Thermoelektrikum weltweit. Als nächstes wollen die WissenschaftlerInnen die Praxistauglichkeit ihrer neuen Energiewandler etwa für die Rückgewinnung von Abgaswärme in Verbrennungsmotoren unter Beweis stellen.

Der Seebeck-Effekt

Ein Temperaturunterschied in einem elektrischen Leiter hat einen Unterschied im elektrischen Potenzial und damit eine Spannung zur Folge. Dieser als Thermoelektrizität bezeichnete Effekt wurde nach Thomas Johann Seebeck benannt, der das Phänomen im Jahre 1821 entdeckte. Auf der warmen Seite des Leiters haben die freien Elektronen eine grössere Bewegungsenergie und verteilen sich vermehrt auf die kalte Seite. Dadurch nimmt dort die Elektronendichte zu und es bildet sich ein Potenzialunterschied.



Wärmeverteilung entlang eines thermoelektrischen Energiewandlers.

Kontakt
Prof. Dr. Anke Weidenkaff
anke.weidenkaff@empa.ch

sonRAIL: ein Computermodell für leisere Züge

Empa-Akustiker haben ein Computermodell entwickelt, mit dem sie die Lärmbelastung entlang dem gesamten Schweizer Schienennetz berechnen können. Das Simulationsprogramm ermittelt, wie der Schall entsteht und abstrahlt und wodurch er abgeschwächt wird. Die Ergebnisse zeigen, wo Anwohnende dem Eisenbahnlärm besonders stark ausgesetzt sind und wie sich dieser vermindern lässt.

Die Empa führte während drei Jahren Lärmmessungen von knapp 15 000 vorbeifahrenden Zugkompositionen an 18 Orten in der Schweiz durch (im Vordergrund rechts die Messeinrichtung).

Der freie Warenverkehr in Europa führt zu laufend mehr transportierten Gütern – und zu mehr Schienenverkehr. Das Schweizer Streckennetz ist tagsüber mit Personenverkehr ausgelastet; Güterzügen bleibt nur die Nacht, wenn die meisten Anwohnenden schlafen wollen. Doch gerade Güterwagen rollen besonders laut.

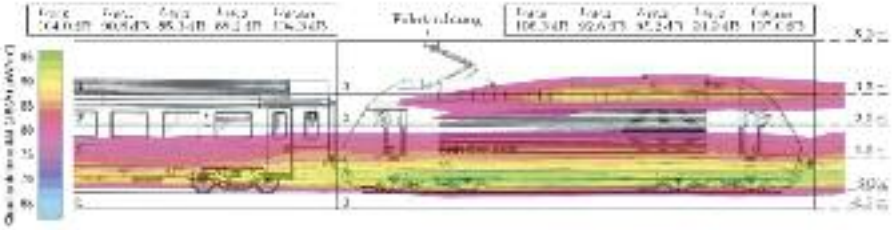
Also muss der Bahngüterverkehr deutlich leiser werden, soll die Verlagerung des Gütertransports von der Strasse auf die Schienen Erfolg haben. Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) hat deshalb die Empa beauftragt, ein Berechnungsmodell für die Lärmbelastungen entlang dem Schweizer Schienennetz zu entwickeln. sonRAIL, so der Name des Modells, soll letztlich zeigen, wo welche Lärmschutzmassnahmen am wirksamsten eingesetzt werden.

Zwar dämmt eine zwei Meter hohe Lärmschutzwand die Rollgeräusche der Räder, das Brummen des Lüftungssystems auf dem Dach eines Niederflurwagens belästigt trotzdem. Um zu beschreiben, wie der Bahnlärm die Anwohnenden belastet und wie dies vermindert werden kann, haben die Akustiker eine Unmenge von Daten zu sammeln: Sie müssen sämtliche Lärmquellen orten und wissen, wie der Schall sich ausbreitet, wodurch er verstärkt oder gedämpft wird.

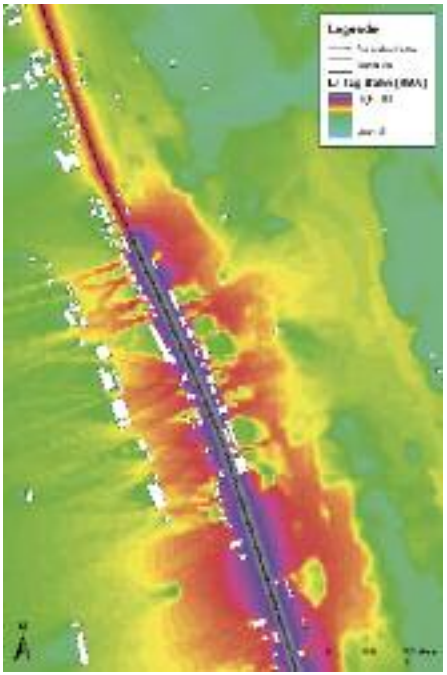
Der Bahnlärm kennt viele Faktoren

Wie stark der Bahnlärm ist, der die Anwohnenden belästigt, hängt davon ab, welcher Zugtyp wie schnell vorbeifährt, wie das Schienenbett beschaffen und das Gelände topographisch gestaltet ist, ob Felsen oder Gebäude den Schall reflektieren oder schlucken, welches Wetter herrscht. Nur wenn alle Faktoren berücksichtigt sind, lässt sich die Lärmbelastung genau quantifizieren.

Selbst die Tageszeit beeinflusst den Schall; Bahngeräusche scheinen nachts nicht nur lauter, sie sind es auch. Denn Luftschichten verlagern sich im Vergleich zum Tag: Hat sich etwa in einer Sommernacht die Luft bereits abgekühlt, ist die Bodentemperatur immer noch relativ hoch. Dadurch werden die Schallwellen nun in Richtung Boden abgelenkt und Hindernisse sozusagen übersprungen.



An einer Zugkomposition entsteht an unterschiedlichen Orten Lärm: an den Rädern, aber auch oben am Stromabnehmer und Kühlsystem.



Die durch den Bahnverkehr entstehende Lärmbelastung entlang der Schienentrasse lässt sich mit Computerberechnungen genau analysieren und vorhersagen.

Gewaltige Datenmengen für das Simulationsmodell

Um das Lärm-Simulationsmodell sonRAIL zu entwickeln und zu validieren, führten die Empa-Forscher mit ihren Projektpartnern zwischen 2007 und 2009 Lärmmessungen an rund 15 000 vorbeifahrenden Zugkompositionen an 18 verschiedenen Orten durch. An jeder Messstelle erfassten sie auch, wie rau die Schienenoberflächen waren und wie stark die Gleise vibrierten. Fazit: Würden die Schienen durch eine neuartige Methode «akustisch» geschliffen, könnte dies den Lärmpegel bereits an der Quelle um zehn Dezibel reduzieren – immerhin eine Halbierung des Lärms.

Rollgeräusche lassen sich ebenfalls verringern, wenn die Materialien von Schiene, Schwelle und Untergrund, also im Oberbau eines Gleises, sorgfältig aufeinander abgestimmt werden. In einem Folgeprojekt wollen die Empa-Forscher klären, durch welche Materialkombination und Gleisbauweise sich Radgeräusche am besten dämpfen lassen.

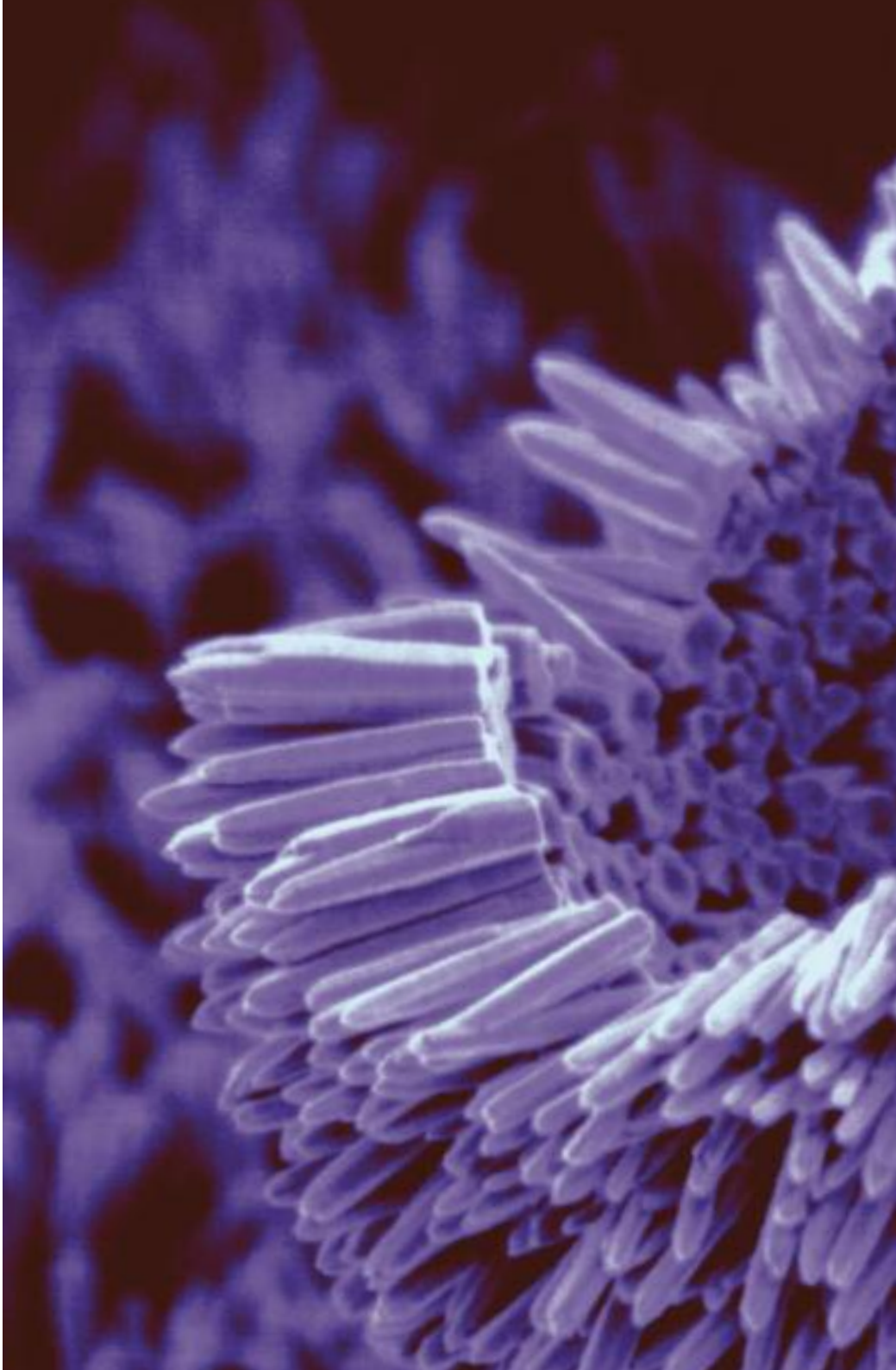
Der praktische Einsatz

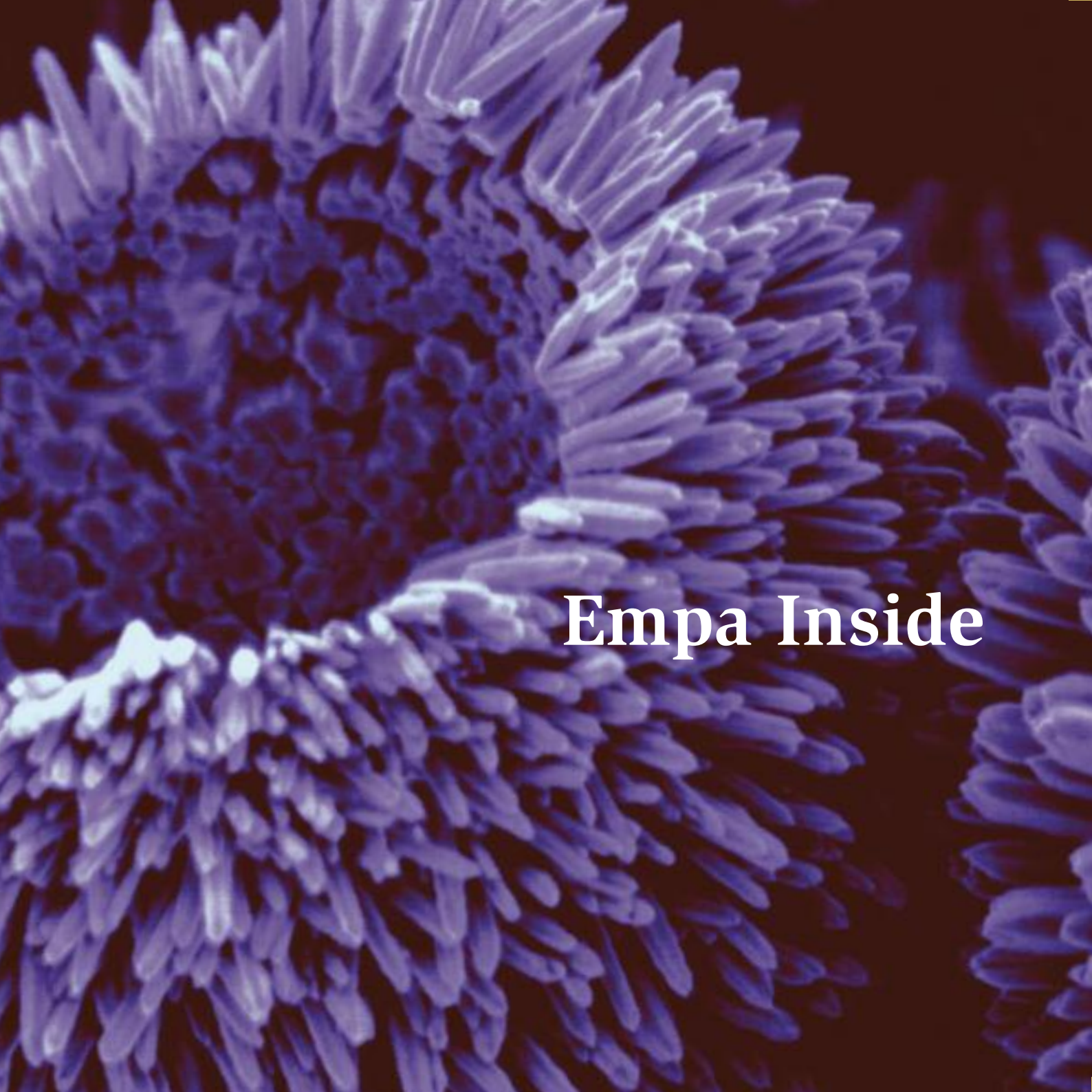
Mit sonRAIL können Bundesstellen, Gemeinden und auch andere Interessierte den Lärm an bestehenden und geplanten Eisenbahnstrecken ermitteln oder auch Schallschutzmassnahmen evaluieren. Das Modell macht nicht nur die Lärmbelastung einzelner Gebäude sichtbar, sondern liefert auch grossflächige Lärmkarten. Als erste praktische Anwendung berechnen die Empa-Akustiker die Lärmimmissionen entlang einem Nord-Süd-Korridor durch die Schweiz. Das Gebiet enthält 50 Bahnkilometer, knapp 30 000 Gebäude und 17 Lärmschutzwände. Hierfür laufen seit Anfang 2010 an die 40 Prozessoren des Empa-Hochleistungsrechners «Ipazia» Tag und Nacht. In den ersten sechs Wochen wurde bereits ein Gebiet von rund 340 Quadratkilometer analysiert und dabei für 172 000 Punkte der Lärmpegel entlang den Schienen bestimmt.

Forschungs- und Industriepartner

– TU Berlin, Dept. für Schienenfahrzeuge
– Prose AG
– LCC Consulting
– SISE
– IFV Bahntechnik e.V.
– Sulzer Innotec
– PSIA Austria

Kontakt
Dr. Jean-Marc Wunderli
jeanmarc.wunderli@empa.ch





Empa Inside

Forschungsresultate umsetzen und vermarkten

Eine Zusammenarbeit mit der Empa lohnt sich: die Empa bietet privaten Unternehmen und öffentlichen Institutionen Zugang zu Hightech-Infrastruktur und staatlicher Unterstützung. Zudem profitieren alle Beteiligten vom Ideen- und Erfahrungsaustausch. Die Zahl der Forschungskooperationen stieg 2009 erneut markant an: Über 70 Vereinbarungen wurden abgeschlossen.

Die Empa beteiligt sich am KTI-Projekt für Brennstoffzellen, die den Strom für Espressomaschinen der Elvetino-Minibars in Zügen liefern sollen. (SBB)

Resultate aus der angewandten Forschung in marktfähige Innovationen zu überführen, ist das Ziel des Technologietransferteams der Empa. So hilft und berät es Forschende etwa, wenn es darum geht, Vereinbarungen mit der Industrie abzuschliessen und Forschungsresultate zu kommerzialisieren.
Um geistiges Eigentum zu schützen, meldete die Empa im vergangenen Jahr 20 Patente an. Das Patentportfolio der Empa umfasst derzeit 48 «Patentfamilien». Mit Industriepartnern schloss sie 12 neue Lizenzvereinbarungen ab. Dies sichert Einkünfte, mit denen die Empa neue Forschungsprojekte finanziert und den Technologietransfer intensiviert.

Espressomaschine mit Brennstoffzellen-Strom

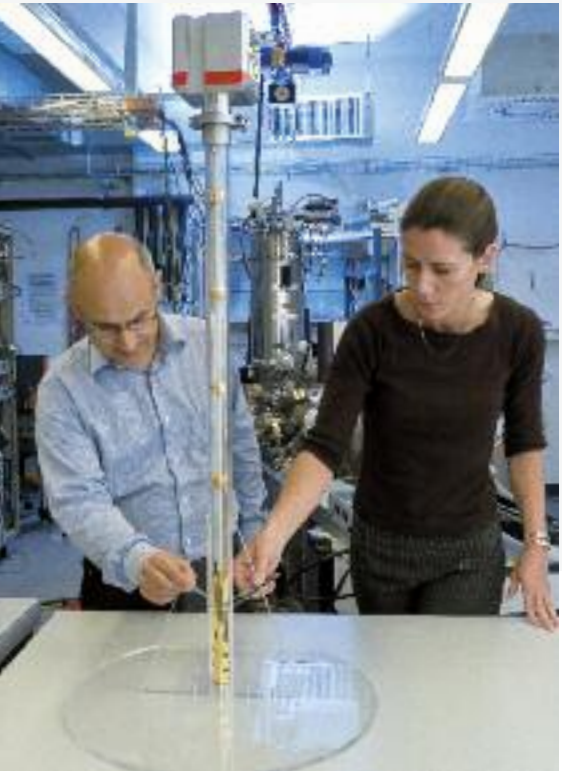
Die Empa beteiligt sich an einem von der Förderagentur für Innovation KTI mitfinanzierten Projekt, bei dem ein System zur Marktreife gebracht werden soll, um Strom für die Espressomaschinen der Minibars in Zügen zu liefern – mit Brennstoffzellen. Partner sind Elvetino/SBB, Serto, die Berner Fachhochschule für Technik und Informatik (Biel) und das Paul Scherrer Institut (PSI). Die Empa entwickelt dafür einen Metallhydridspeicher, der die Abwärme der Brennstoffzelle optimal nutzt, um den Wasserstoff freizusetzen.

Weichmagnetische Teile – optimiert für Elektromotoren

Im Zentrum eines weiteren KTI-Projekts steht weichmagnetisches Material für bürstenlose Elektromotoren. Das neue Material soll als Kern oder magnetische Flussführung verwendet werden und so starke Elektromotoren mit geringem Kraftverlust ermöglichen. Im Projekt ist interdisziplinäres Wissen über Motor- und Prozessdesign und über weichmagnetische Materialien gefragt. Daher beteiligen sich daran gleich vier Empa-Abteilungen sowie drei Industriepartner aus der Metall- und Motorenindustrie.

Hightech-Tuning für Kraftmikroskope

Empa-ForscherInnen haben ein Rasterkraftmikroskop (AFM, «Atomic Force Microscope») mit einem Gerät für die Messung makroskopischer physikalischer Eigenschaften (PPMS, «Physical Properties Measurement System») kombiniert; das neue Hochleistungsinstrument kann etwa für die Entwicklung künftiger magnetischer Festplattenspeicher eingesetzt werden. Diese Technologie wurde 2009 in die NanoScan AG transferiert. Der Empa-Spin-off hat bereits begonnen, das Gerät zu vermarkten – unter Lizenz der Empa.



Das PPMS-AFM vereint ein Rasterkraftmikroskop mit einem Gerät für die Messung makroskopischer physikalischer Eigenschaften. Rechts im Bild: Raphaëlle Dianoux, Geschäftsführerin Nanoscan AG. Links: Hans Josef Hug, Leiter der Empa-Abteilung «Nanoscale Materials Science».

Ausserdem hat NanoScan letztes Jahr eine Partnerschaft mit der deutschen Firma ION-TOF abgeschlossen, einem Empa-Partner aus einem laufenden EU-Projekt.

Neue Platte mit idealen Eigenschaften für den Innenausbau

Materialien für den Innenausbau beeinflussen das Wohlbefinden in Gebäuden teils massiv. Die Empa hat ein Plattenmaterial für Wand- und Deckenverkleidung entwickelt, das Feuchtigkeit aufnimmt, Lärm dämmt, feuerbeständig und ökologisch unbedenklich ist und erst noch die Luft reinigt. Ausserdem ist es resistent gegen Schimmelpilz und biologische Zersetzung. Prototypen dieser multifunktionalen Platte sind ebenso stabil und gleich teuer wie herkömmliche Platten. Die Lizenzierung mit einem Industriepartner ist im Gange.

Innovationspreis 2009 für die Entwicklung einer Bikomponentenfaser

Beton wird immer dann mit Stahlfasern verstärkt, wenn eine Armierung mit dicken Stahlgittern nicht möglich ist – etwa bei dünnen Kellerwänden, Industrieböden, Zementplatten, Spritzbeton, Tunnelauskleidungen. Sie haben aber Nachteile: sie können rosten, sind steif (Verletzungsgefahr) und schwer. Ein Empa-Team entwickelte in einem KTI-Projekt zusammen mit einem Industriepartner eine preiswerte Polymerfaser, die selbst hohen mechanischen Belastungen standhält. Ein neues Fertigungsverfahren liefert Bikomponentenfasern mit einem Faserkern aus günstigem Polypropylen (PP) und einem Fasermantel aus «massgeschneidertem» Polymer, das chemisch und mechanisch für zementgebundene Baumaterialien geeignet ist. Das Projekt wurde mit dem Empa-«Innovation Award 2009» ausgezeichnet, steht es doch für den hervorragenden Transfer von Forschungsresultaten von der Wissenschaft zur Industrie.

Die Bikomponentenfasern zur Verstärkung von Beton werden zu einem «Powerpaket» gepackt, das dem Frischbeton einfach zugefügt wird. Es löst sich beim Mischen des Betons auf, die einzelnen Fasern werden frei und verteilen sich gleichmässig.

Kontakt
Marlen Müller
marlen.mueller@empa.ch

glaTec und tebo – Nährboden für Jungunternehmen

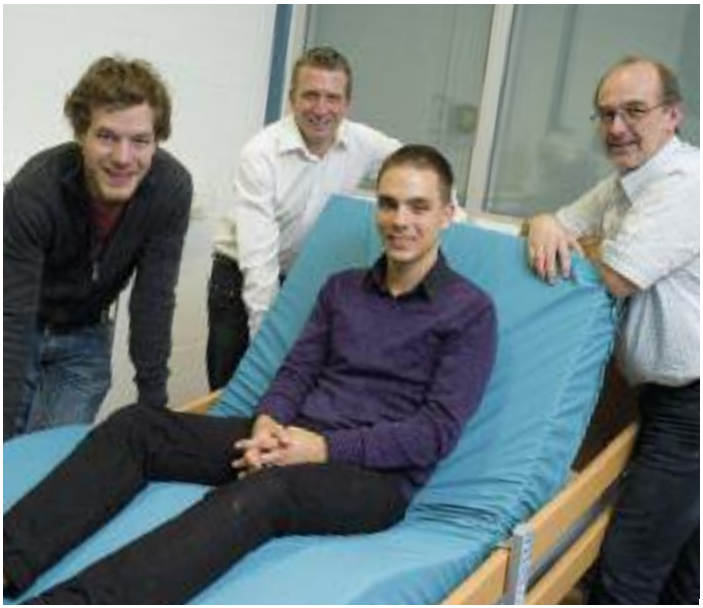
Die Technologiezentren glaTec und tebo verbinden Wissenschaft und Wirtschaft, indem sie Jungunternehmen thematisch wie räumlich näher an die Empa bringen. Trotz schwierigem Wirtschaftsumfeld entwickelten sich einige Unternehmen in diesen beiden «Business-Inkubatoren» sehr erfolgreich.

glaTec

Technologiezentrum an der Empa in Dübendorf

Wettbewerbserfolg im Dübendorfer glaTec

Die 4. Ausgabe des Heuberger Winterthur Jungunternehmerpreis 2009 ist eine Erfolgsgeschichte für das glaTec am Empa-Standort Dübendorf: Einer der Preisträger und Empfänger von 150 000 Franken Preisgeld ist der Empa-Spin-off «compliant concept GmbH». Die vom glaTec begleitete Jungfirma entwickelt ein intelligentes Bettsystem, das das Wundliegen von bettlägerigen Menschen verhindern soll (siehe Seite 26/27). Den «Kern» des Bettes bilden nachgiebige Systeme (engl.: compliant), die an der Empa, der ETH Zürich und der Hochschule für Technik Rapperswil entwickelt und erforscht werden. Im Gegensatz zu herkömmlichen Mechanismen beruht die Verformbarkeit nachgiebiger Systeme nicht auf dem Gleiten und Rollen starrer Elemente aufeinander, sondern auf elastischen Verformungen im Material. Nach der Optotune AG ist dies der zweite Start-up im glaTec, der eine renommierte Auszeichnung erhielt.



Das Team von «compliant concept» (v.l.): Adrian Bärlocher, Michael Sauter, Jonathan Wehren, Gisbert Dörr.

bluesign®conference lockte Textiler ans tebo

Die Wirtschaftskrise ging auch an den Mietern im tebo nicht spurlos vorbei – allerdings mit unterschiedlicher Auswirkung. Während eine Jungfirma vorübergehend in Kurzarbeit ging, erlebten andere «nur» Umsatzeinbrüche zu Jahresbeginn. Beispiel für eine gute Entwicklung unter schwierigen Umständen ist die Firma bluesign technologies ag. Laufend neue Partner, vor allem aus Asien, und zahlreiche Bewertungsaufträge vor Ort nach den Grundprinzipien des erstellten bluesign®-Standards sind Indizien für eine erfolgreiche Geschäftstätigkeit. Die rege Teilnahme von Entscheidungsträgern der Textilindustrie an der bluesign®conference im Juli 2009 belegt die Bedeutung dieses Standards. Unter dem Motto «Gain Trust – Take Responsibility» diskutierten über 100 Partner von bluesign technologies ag aus allen Bereichen der textilen Wertschöpfungskette über Nachhaltigkeit in Fertigung und Vermarktung von Textilien. In einer Resolution, in Anlehnung an die UN-Dekade «Bildung für nachhaltige Entwicklung», verpflichteten sich die Teilnehmenden zur freiwilligen Ausbildung von Schulkindern in Bezug auf Umwelt, Verhalten und nachhaltigen Konsum.

Bewegung gab es auch sonst im tebo: Drei Mieter zogen aus, drei neue ein, und auch das «Center for Enterpreneurial Excellence» CEE der Hochschule St. Gallen HSG kam mit einer Gruppe ins tebo. Dies ist das sichtbare Ergebnis der verstärkten Zusammenarbeit des tebo mit der Universität und auch mit der Fachhochschule St. Gallen in der Jungunternehmerförderung Ostschweiz.

tebo

Technologiezentrum an der Empa in St.Gallen

Podiumsdiskussion mit (v.l.) Greg Scott (Mountain Equipment Co-op), Jeff Nash (The North Face), Jill Dumain (Patagonia) und Richard Collier (Helly Hansen) anlässlich der bluesign®conference.

Kontakt
glaTec
Mario Jenni
mario.jenni@empa.ch

tebo
Peter Frischknecht
peter.frischknecht@empa.ch

Innovation «made in Switzerland» – Thema und Diskussionsstoff an Veranstaltungen

Über 2500 Fachleute aus Wirtschaft, Verbänden und Behörden nahmen im vergangenen Jahr an den Veranstaltungen der Empa-Akademie teil. Beinahe ebenso viele Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler diskutierten an Konferenzen, Kursen und Fachvorträgen neueste Forschungsergebnisse. Und drei Wissenschaftsapéros lockten knapp 400 Interessierte an die Empa.

Fachleute aus der Textilindustrie informierten sich am Innovation Day im September über die neuesten Entwicklungen auf ihrem Gebiet.

Tagungen für ein Fachpublikum

Zum vierten Mal fand an der Empa-Akademie der «Innovation Day» für die Textilindustrie statt. Knapp 200 Personen aus Wirtschaft, Forschung und Weiterbildung erhielten Einblicke in «Adaptive Systeme – anpassungsfähig in die Zukunft». Vorgestellt wurde etwa eine Mehrkomponentenfaser mit einer speziellen Flüssigkeit in ihrem Kern für flexible Schockabsorber. Daraus lassen sich bequeme Schutzwesten herstellen, die erst erstarren, wenn sie ein schneller Stoss trifft.

Intelligente Materialien und Systeme haben Zukunft – darüber sind sich Wissenschaft und Politik einig. Viele Schweizer Unternehmen investieren jedoch in der Krise nur zurückhaltend in Forschung und Entwicklung. Um das zu ändern, lud die Förderagentur für Innovation KTI zusammen mit der Empa zum nationalen Innovations-Briefing über «Smart Materials» ein. Über 200 Gäste aus Industrie und Forschung informierten sich an der Empa-Akademie zu den Fördermassnahmen des Bundes und dem neuen Nationalen Forschungsprogramm NFP 62 «Smart Materials». Expertinnen und Experten der Empa und anderer Forschungsinstitutionen stellten ihre neuesten Projekte vor und zeigten, wo Wissenschaft und Unternehmen erfolgreich kooperieren könnten. Mit der Veranstaltung vermittelten die KTI und die Empa, dass sie die KMU und die Industrie auf dem revolutionären Zukunftsmarkt der «intelligenten Materialien» unterstützen können und wollen.

Wissenschaftsapéros – Informationsquelle zu aktuellen Themen

Sei es für den Stahlbau, die Informatik, die Textil- oder die Kosmetikbranche: Die Nanotechnologie hält für alle etwas bereit. Der 40. Empa-Wissenschaftsapéro in Dübendorf behandelte deshalb die zahlreichen Chancen und Möglichkeiten dieser innovativen Technologie; 200 Personen hörten gespannt zu und stellten fest «Nano bewegt!». «Was kommt nach dem Öl?» – darüber diskutierten rund 140 Gäste am 41. Wissenschaftsapéro. Denn die Reserven an fossilen Energieträgern sind begrenzt, und die Erdölproduktion wird schon bald ihren Zenit überschreiten. Mit einer Alternative für die Mobilität beschäftigte sich der 42. Wissenschaftsapéro zum Thema Elektromobilität, diesmal am Empa-Standort St. Gallen.

NanoConvention 2009 – Herausforderungen meistern mit «Nano»

Ob in der Medizin, bei der nachhaltigen Energieversorgung oder dem Umweltschutz, ohne die Nanotechnologie lassen sich die Herausforderungen der Zukunft kaum meistern. Davon sind die rund 150 Nano-Interessierten aus Forschung, Industrie, Verwaltung und dem Finanzsektor überzeugt, die am 6. Juli in Zürich zur 3. «NanoConvention» kamen. Parallel dazu gelte es aber auch, potenzielle Risiken – etwa von freien Nanopartikeln – unter die Lupe zu nehmen, so das Fazit der Veranstaltung.

Als talentierter Kommunikator an der NanoConvention 2009: Bertrand Piccard – Forscher, Visionär, Solarflugpionier. Mit seinem Projekt «Solar Impulse» zog er das Publikum in seinen Bann.

Am Wissenschaftsapéro über Elektromobilität an der Empa in St. Gallen konnten Interessierte gleich noch E-Velos und E-Scooter Probe fahren.

Kontakt
Dr. Anne Satir
anne.satir@empa.ch

Forschen bedeutet Verantwortung übernehmen

Innovationen und neue Technologien beeinflussen unser Leben immer mehr. Daher muss die Gesellschaft einen offenen Dialog über wünschenswerte und weniger «segensreiche» Entwicklungen führen. Die Empa bewegt sich seit je im Spannungsfeld zwischen Wissenschaft und Gesellschaft und engagiert sich beispielsweise mit speziellen Veranstaltungen und Führungen durch ihre Labors.

Der peruanische Umweltminister Antonio Brack zeigte sich sehr interessiert an den neuesten Empa-Projekten auf dem Gebiet von Ressourceneffizienz und Ökobilanzierung.

Eine geglückte Premiere: Dennis Meadows (rechts), Mitautor der «Club of Rome»-Studie «Die Grenzen des Wachstums», bedankt sich bei Xaver Edelmann, Präsident des WRF und Direktionsmitglied der Empa.

Wie an der NanoConvention (siehe Seite 52/53) spielte die Nanotechnologie auch in der von Empa-Forscherinnen und -Forschern erstmals organisierten öffentlichen Vorlesungsreihe «Chancen und Risiken der Nanotechnologie» an der Universität St. Gallen die Hauptrolle. Rund 300 Interessierte besuchten die sechs Veranstaltungen, in denen Themen wie Nano-Materialien für die Medizin und innovative Nano-Textilien sowie die Auswirkungen von «Nano» auf Umwelt, Gesellschaft und Gesundheit von verschiedenen Seiten beleuchtet wurden.

Im September organisierte die Empa, gemeinsam mit der Schweizerischen Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW) und anderen Partnern, das erste «World Resources Forum» (WRF) in Davos, eine unabhängige, internationale Diskussionsplattform zum Thema knapper werdende Ressourcen. Mit dem WRF verfolgen die

World Resources Forum 2009
September 16, 2009 • Davos Switzerland

Cristina Garmendia (Mitte), spanische Ministerin für Wissenschaft und Innovation, im Kreise von Nachwuchs-ForscherInnen aus Spanien und Südamerika an der Empa.

Die Empa-ReferentInnen der öffentlichen Vorlesungsreihe «Chancen und Risiken der Nanotechnologie» an der Universität St. Gallen (v.l.) Peter Wick, Katharina Maniura, Bernd Nowack, Harald Krug, Marcel Halbeisen, Manfred Heuberger.

Empa und ihre Partner explizit das Ziel, politischen Entscheidungsträgern realistische Handlungsempfehlungen für eine nachhaltige Entwicklung an die Hand zu geben. Zum Abschluss verabschiedeten die Teilnehmenden eine Deklaration – einen «Call for Action» – mit Vorschlägen, wie der Ressourcenknappheit begegnet werden kann.

Internationale Gäste in den Empa-Labors

Der peruanische Umweltminister Antonio Brack liess sich anlässlich seines Besuches an der Empa über ihre neuesten Forschungs- und Entwicklungsprojekte im Bereich Ressourceneffizienz und Ökobilanzen informieren. Die Empa verfügt dank verschiedener Forschungsprojekte, etwa in China, Indien und Südafrika, sowie durch die technische Kontrolle der schweizerischen e-Waste-Recyclingbetriebe über langjährige Erfahrung bei der Umsetzung umweltverträglicher Recyclingmassnahmen. In Peru wird sie für die Leitung und Durchführung künftiger e-Waste-Projekte verantwortlich sein.

Ebenfalls zu Gast war die spanische Ministerin für Wissenschaft und Innovation, Cristina Garmendia. Spanien will die Zusammenarbeit mit Schweizer Forschenden stärken und den Technologietransfer in die Industrie beschleunigen. Ein Thema also, das auch für die Empa zentral ist. Nach der Führung durch Labors und einer Diskussionsrunde mit Nachwuchs-ForscherInnen aus Spanien und Lateinamerika zeigte sich die Ministerin beeindruckt vom Forschungsportfolio der Empa.

Wissens- und Technologietransfer stand auch im Zentrum des Besuchs ranghoher Regierungsvertreter aus mehreren Teilrepubliken und Regionen der Russischen Föderation, die in der Schweiz waren, um die wirtschaftliche Zusammenarbeit zu intensivieren. Dabei stiessen vor allem die beiden Technologiezentren tebo in St. Gallen und glaTec in Dübendorf auf grosses Interesse.

Jugendliche waren begeistert

2009 beteiligten sich Empa-Forschende erneut an den «TecDays» an mehreren Kantonsschulen, einer Initiative der SATW, um bei den Jugendlichen das Interesse für Naturwissenschaft und Technik zu wecken. Fachleute aus Wissenschaft, Technik und Industrie gewähren dabei Einblicke in ihre Forschungsgebiete. Erfreulich: Mitinitiant (und Empa-Direktionsmitglied) Pierangelo Gröning erhielt für seinen Vortrag über Nanotechnologie von den Schülerinnen und Schülern hervorragende Noten.

Kontakt
Dr. Michael Hagmann
michael.hagmann@empa.ch

Das «Portal» als Türöffner zum Know-how der Empa

Als zentrale Anlaufstelle vermittelt das «Portal» Kunden und Partnern den einfachen Zugang zum Know-how der Empa. Besonders bei Anfragen, deren Problematik eine interdisziplinäre Lösung benötigt, stellt das Portalteam den Kontakt zu den «richtigen» Expertinnen und Experten her.

Ob bei der Suche nach Partnern für Forschungsprojekte, ob für technische oder wissenschaftliche Beratung, die Durchführung von Analysen oder auch die Klärung von Schadenfällen: das Empa-Portal bringt potenzielle Kunden und Partner in Kontakt mit den entsprechenden Expertinnen und Experten der Empa oder leitet sie an externe Stellen weiter. Letztere sind häufig Spin-off-Firmen der Empa. So unterstützt das «Portal» auch diese mitsamt ihren an der Empa entwickelten Technologien.

Aber nicht nur hunderte von Anfragen werden beantwortet, das Portalteam sucht auch von sich aus den Kontakt zur Industrie, so an Messen und Anlässen wie dem «Swiss Innovation Forum» in Basel. Dort präsentierte es das «hy.muve», ein mit dem Paul Scherrer Institut (PSI) und anderen Partnern aus Industrie und Forschung entwickeltes wasserstoffbetriebenes Kehrfahrzeug, das damals in Basel erstmals in der Praxis getestet wurde.

Das Team organisiert auch selber Veranstaltungen, so etwa den «Swiss-Swedish Nanotechnology Workshop» Anfang 2009 für Fachleute aus Wissenschaft und Industrie. An ihm wurde erstmals ein «Science Speed Dating» durchgeführt. Diese sonst eher zur Vermittlung zwischenmenschlicher Beziehungen angewandte Methode wurde «zweckentfremdet», um wissenschaftliche Projekte anzubahnen. Die Idee, damit möglichst zahlreiche schwedisch-schweizerische Allianzen und Ideen zur Zusammenarbeit auszuarbeiten, hat funktioniert: Die ersten Anträge für EU-Projekte sind bereits eingereicht.

Die Methode des «Speed Dating» hat sich auch bei der Geschäftspartnervermittlung bewährt. Im Bild Teilnehmer am «Swiss-Swedish Nanotechnology Workshop» an der Empa.

Kontakt
Dr. Verónica Cerletti
portal@empa.ch

Die Zusammenarbeit WUT – NIMS – Empa floriert

Vor bald fünf Jahren gründeten die Empa und die beiden renommierten Technischen Universitäten in Warschau und Krakau ein gemeinsames Graduiertenkolleg im Bereich der Materialwissenschaften, die International PhD School Switzerland – Poland. Zwei Jahre später stiess das japanische «National Institute of Materials Science» (NIMS) dazu. Am NIMS-Standort Tsukuba fand 2009 der 2. WUT-NIMS-Empa-Workshop über Nanomaterialien statt.

2009 konnte das International PhD Program, wie heute der Name ist, bereits die dritte Projekt-Ausschreibung erfolgreich durchführen. Nachdem das «Advisory Board» von den sieben Bewerbungen fünf zur Annahme empfohlen hatte, sprach das Empa-Direktorium die hierfür notwendigen Mittel.

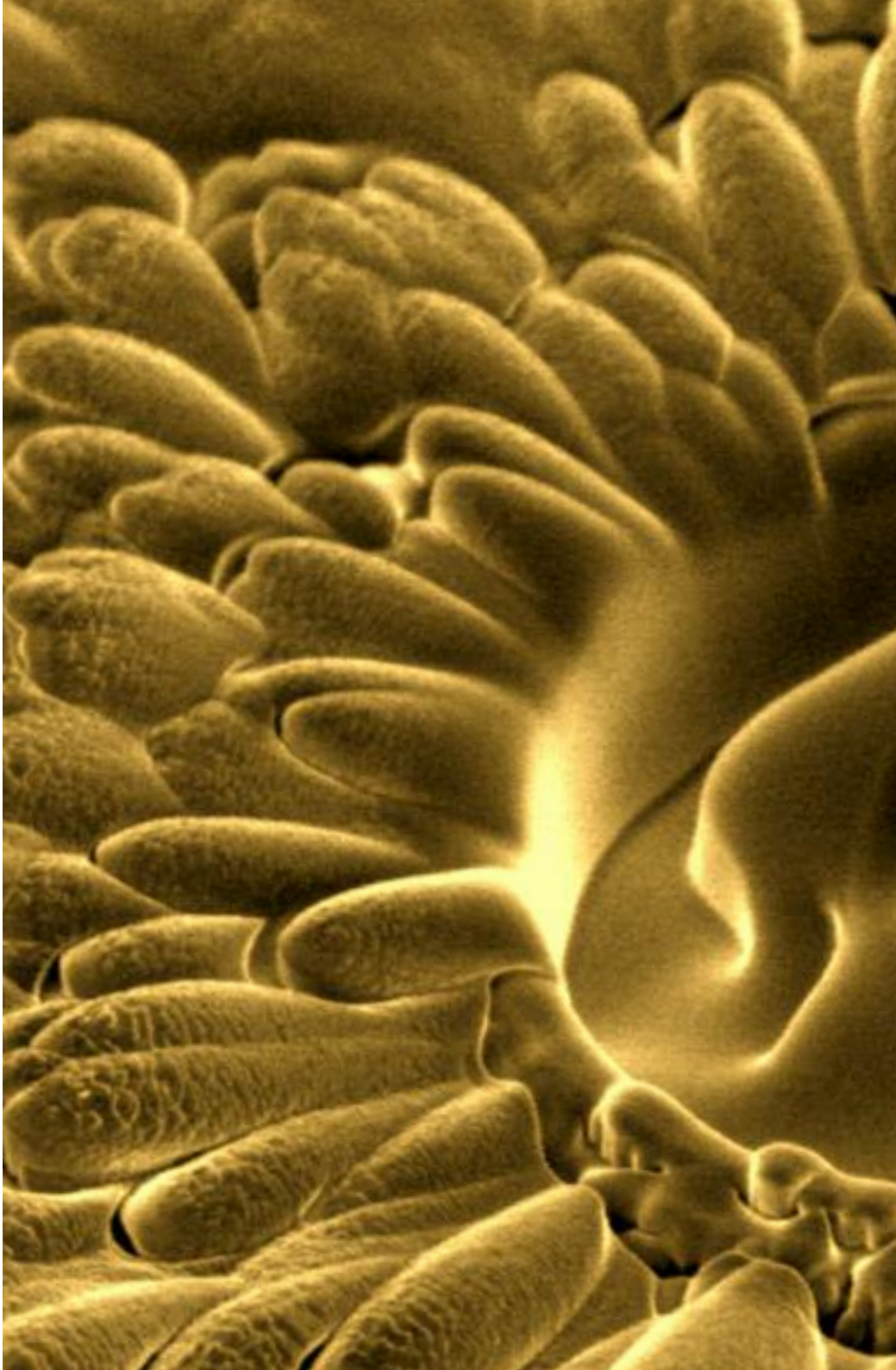
Im November fand der 2. WUT-NIMS-Empa Workshop am NIMS, der japanischen «Schwesterinstitution» der Empa, in Tsukuba statt – rund ein Jahr nach dem ersten Meeting in Warschau. Er stand unter dem Motto «Nanomaterials for Sustainable Development» und wurde organisiert von Andreas Doenni (NIMS), Jolanta Janczak-Rusch (Empa, Leiterin des Programms) und Krzysztof Kurzydlowski (Warsaw University of Technology, WUT). Eines seiner Ziele ist es, den Austausch (junger) WissenschaftlerInnen zwischen den drei Institutionen zu fördern. In 21 Vorträgen gaben teils erfahrene Forscher, teils PhD-Studentinnen Einblicke in ihre Projekte auf dem Gebiet der Nano- und Biomaterialien sowie der Energie und Umwelt.

Erste gemeinsame Projekte aus der «Kohäsionsmilliarde»

Vor etwas mehr als drei Jahren hat das Schweizer Stimmvolk dem Schweizer Beitrag zur Unterstützung der neuen EU-Mitgliedsstaaten in Osteuropa zugestimmt, der so genannten Kohäsionsmilliarde. Polen ist eines der neuen EU-Mitglieder, die auch in gemeinsame Forschungsprojekte mit der Schweiz investiert. Um interessierten Partnern aus der Schweiz und Polen eine Gelegenheit zu bieten, gemeinsame Projekteingaben auszuarbeiten, haben die Empa und die WUT die «Swiss-Polish SciTec Days» Mitte Januar 2010 in Warschau durchgeführt. Der zweitägige Anlass begann mit Plenarvorträgen, die die Forschungslandschaft beider Länder in den fünf förderungswürdigen Gebieten Nanotechnologie, Energie, Umwelt, Gesundheit und ICT vorstellten. In thematischen Workshops mit Kurzpräsentationen und Postersessions haben sich potenzielle Partner kennen gelernt, diskutiert und bereits erste Projektideen skizziert. Die Ausschreibung für die gemeinsamen Forschungsprojekte ist in der ersten Hälfte 2010 vorgesehen.

Die Postersessions an den «Swiss-Polish SciTec Days» in Warschau stiessen auf grosses Interesse und liessen die Teilnehmenden rege miteinander diskutieren.

Kontakt
Prof. Dr. Jolanta Janczak-Rusch
jolanta.janczak@empa.ch



Zahlen & Fakten

Wissenschaftlicher Output

Neben den qualitativen Ergebnissen, die Aufschluss über die vielfältigen, interessanten Resultate der Empa-Forschungstätigkeit vermitteln, sind quantitative Angaben ein wichtiger Gradmesser der Leistungen. So steigt die Zahl der ISI-Publikationen seit Jahren kontinuierlich an. Auch im vergangenen Jahr hat sie sich markant erhöht, von 406 auf 472 (+16%). Sehr erfolgreich war die Empa ebenfalls mit Projekteingaben bei Institutionen der Forschungsförderung. Die KTI-Projekte stiegen in Jahresfrist von 68 auf 74, die SNF-Projekte von 58 auf 69. Die EU-Projekte konnten mit 51 auf hohem Stand gehalten werden (2008: 53).

Die wissenschaftlichen Beiträge an nationalen und internationalen Konferenzen nahmen erneut leicht zu, von 1067 auf 1099 (davon 456 als «invited» oder «key note speaker»). Als Organisatorin oder Mitorganisatorin zeichnete die Empa bei 90 Konferenzen verantwortlich. Empa-Mitarbeitende erhielten 30 Preise und Auszeichnungen.

WISSENSCHAFTLICHER OUTPUT

	2008	2009
ISI-Publikationen	406	472
davon SCI-Publikationen	348	399
Konferenz- Beiträge	1067	1099
Doktorats-Abschlüsse	31	34
Patente (Erstanmeldungen)	11	20
Lizenzverträge	9	12
Spin-offs/Start-ups	4	3
Lehrtätigkeit (in Stunden)	2921	3349
Empa-Akademie-Veranstaltungen (inkl. mehrtägige)	83	103
Preise/Auszeichnungen	23	30

Wissensvermittlung / Technologietransfer

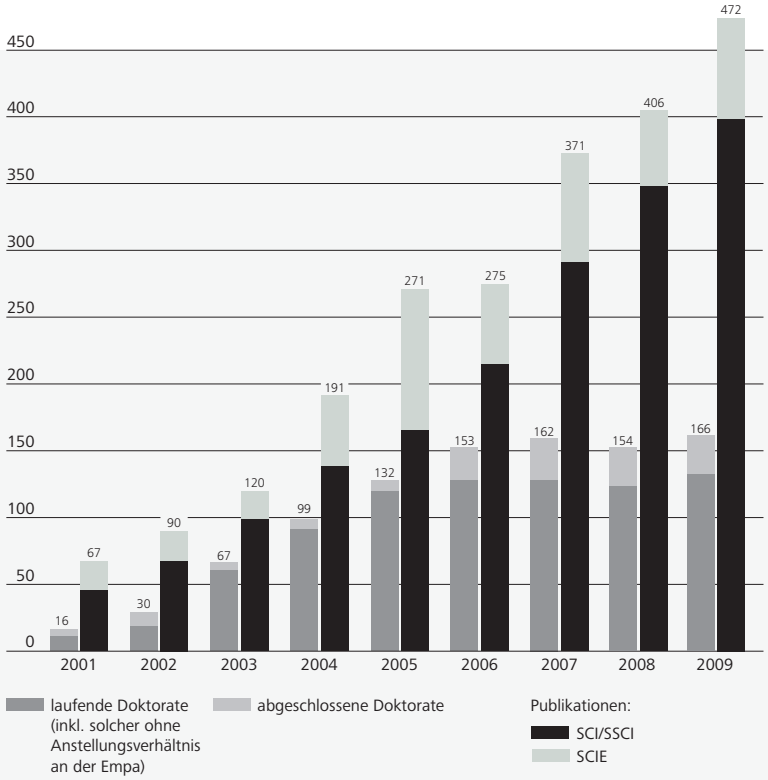
Auch 2009 waren Lehre, Wissensvermittlung und Technologietransfers (TT) ein wesentlicher Schwerpunkt der Empa-Tätigkeiten. Die Zahl der Lehraufträge stieg von 138 auf 143; parallel dazu erhöhten sich die Unterrichtstunden von 2921 auf 3349. Rund die Hälfte wird an den beiden ETH erbracht. Mit über 100 Weiterbildungs- und Informationsveranstaltungen (+24%) bot die Empa-Akademie eine lebendige Plattform für Wissenstransfer und Dialog mit Fachleuten aus Wissenschaft und Wirtschaft sowie mit der interessierten Öffentlichkeit. Darüber hinaus beteiligte sich die Empa an einer Vielzahl externer Veranstaltungen, so an der «Nacht der Forschung» oder dem «Swiss Innovation Forum».

Sehr erfolgreich gestaltete sich wiederum die Zusammenarbeit mit der Industrie. Die TT-Stelle betreute 2009 insgesamt 271 Verträge mit Dritten (+14%). Es wurden 20 Patente angemeldet (+82%) und 12 Lizenz-, Options- und Patentverkaufsverträge abgeschlossen (+33%).

Das im Herbst 2008 gegründete Technologiezentrum «glaTec» entwickelte sich sehr erfreulich. Ein neuer Empa-Spin-off und die dort eingemieteten Jungunternehmen schufen 2009 20 neue Arbeitsplätze. Zudem wurden zwei Start-ups angesiedelt, die in enger Forschungszusammenarbeit mit der Empa stehen.

Eine effiziente Art des Wissens- und Technologietransfers sieht die Empa seit jeher darin, technisch hoch stehende Dienstleistungen, die einen gewissen Entwicklungsstand erreicht haben und somit marktfähig sind, an kompetente Industriepartner zu übergeben. So hat sie im November 2009 die Routinedienstleistungen im Bereich Metallographie, Fraktographie und Schadensanalyse von metallischen Werkstoffen und Bauteilen an den Schweizerischen Verein für technische Inspektionen (SVTI) transferiert. Mit der Übernahme des Know-how samt Empa-Team kann der SVTI sein bestehendes Dienstleistungsportfolio auf dem Gebiet der technischen Sicherheitsprüfungen optimal ergänzen.

ENTWICKLUNG DOKTORATE UND SCI/E-PUBLIKATIONEN



Personelles

Ende 2009 waren 943 Mitarbeitende (2008: 915) an der Empa tätig. Dies entspricht, bedingt durch die vielen Teilzeitmöglichkeiten, 868 Vollzeitstellen. Damit ist der Bestand erneut angestiegen. Der Anteil an qualifiziertem wissenschaftlichem Personal konnte weiter ausgebaut werden. Infolge der verstärkten Forschungstätigkeit vergrösserte sich dieser Anteil von 501 auf 515 Personen. Davon haben 22 (20) eine Professur an einer Hochschule. 2009 wurden 34 (31) Dissertationen abgeschlossen. Per Ende Jahr lag die Anzahl Doktorierender, die an der Empa ein Anstellungsverhältnis haben, mit 115 (110) leicht über dem Vorjahresstand. Grösser war hingegen die erneute Zunahme von Postdoktorierenden von 64 auf 75. Die Empa betreute 105 (106) Personen bei ihren Diplomarbeiten und ermöglichte 77 (86) Personen ein Praktikum. Mit ihrer breiten Palette an Berufslehren bildete sie 37 (38) Lernende aus. Auch 2009 haben alle Lernenden die Abschlussprüfungen mit Erfolg bestanden. Der Bestand an technisch/administrativem Personal (inkl. PraktikantInnen sowie Lernende) ist auf 428 (414) Personen gestiegen.

Mit 27.5% liegt der Frauenanteil leicht über dem Vorjahreswert (27%). Der Anteil der mit Frauen besetzten Kaderstellen konnte weiter gesteigert werden: 20 (17) Kaderpositionen werden von Frauen bekleidet. Der Ausländerbestand ist auf 352 (321) Personen angestiegen, das sind 37% (35%) des Personals. Davon stammen 264 (250) Personen aus dem EU-Raum.

Hauptsächlich durch die verstärkte wissenschaftliche Ausrichtung wurden mehr befristete Arbeitsplätze für Postdoktorierende, Doktorierende, Diplomierende und PraktikantInnen angeboten. Die Anzahl der befristeten Angestellten ist dadurch auf 459 (428) angestiegen. Die durchschnittliche Vertragsdauer hat sich nicht verändert, sondern wird weiterhin von den üblichen Vereinbarungen für Doktorierende und Postdoktorierende bestimmt.
Zusätzlich zum vielseitigen Angebot an Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten setzte die Empa 2009 erneut einen Akzent auf die Führungsausbildung: Das strategiebasierte und modular aufgebaute Management-Training wurde konsequent weitergeführt, die bewährten Führungsprozesse und -instrumente wurden auf breiter Basis geschult und vertieft. Die jährliche Kadertagung war dem Thema Finanzen und Controlling gewidmet.
Die Empa ist Inhaberin des Prädikats «Familie UND Beruf», das ihr von der Fachstelle «UND – Familien- und Erwerbsarbeit für Männer und Frauen» verliehen wurde. Dieses Prädikat ist gleichzeitig Verpflichtung und Ansporn, sich für Familienfreundlichkeit und Chancengleichheit zu engagieren und auf diesem Gebiet auch in Zukunft eine Vorreiterinnenrolle einzunehmen. Unabhängig von Geschlecht, Nationalität, Sprache, Standort, Beruf, Hierarchiestufe und Alter geniessen an der Empa alle Mitarbeitenden die gleiche Wertschätzung und erhalten optimale Entwicklungsmöglichkeiten. Diversität, die gesellschaftliche Vielfalt, gilt als wichtige Voraussetzung, um komplexen Herausforderungen mit neuen Denkweisen zu begegnen. 2009 wurde diese Grundhaltung neu in der Personalpolitik verankert und ein konkreter Massnahmenplan zur Förderung von Chancengleichheit und Diversität erarbeitet. Er umfasst Arbeitsbedingungen, Gleichstellungsmassnahmen, Integration von ausländischen Mitarbeitenden und Personalförderung auf allen Stufen. Umgesetzt daraus wurden bereits die Einführung der Telearbeit, der Ausbau von Krippenplätzen und verschiedene Aktionen zur Erhöhung des Frauenanteils in verantwortungsvollen Positionen.

Finanzielles

Der Gesamtertrag für 2009 belief sich auf 150.9 Mio. CHF. Dieser setzt sich wie folgt zusammen: Finanzierungsbeitrag des Bundes von 91.8 Mio. CHF (Vorjahr: 87.8 Mio.), den zusätzlichen Konjunkturstabilisierungsmassnahmen des Bundes im Baubereich von total 7.8 Mio. CHF, den Einnahmen aus Drittmitteln, Dienstleistungen sowie den übrigen Erträgen von total 50.8 Mio. CHF (43 Mio.) sowie den Finanzerträgen von 0.5 Mio. (0.3 Mio.). Die Erlöse aus Dienstleistungen sind mit 13.3 Mio. CHF um 0.6 Mio. CHF höher als im Vorjahr. Im Finanzierungsbeitrag des Bundes sind die Einnahmen aus der projektorientierten Mittelvergabe aus den Kompetenzzentren im ETH-Bereich von insgesamt 1.7 Mio. (1.3 Mio.) enthalten.
Die Erträge aus Drittmitteln für F + E-Projekte waren mit 36 Mio. CHF um 24.1 % höher als im Vorjahr (29 Mio.). Die Einnahmen aus dem Nationalfonds (inkl. NCCR) von total 5.2 Mio. CHF konnten im Vergleich mit dem Vorjahr mehr als verdoppelt werden. Die KTI-Einnahmen des Bundes waren mit 7.8 Mio. Franken ebenfalls erheblich höher als im Vorjahr (5.1 Mio.). Die Forschungsbeiträge aus der Privatwirtschaft lagen mit 8.6 Mio. trotz des schwierigen wirtschaftlichen Umfeldes erfreulicher Weise etwa auf dem Niveau des Vorjahres (8.8 Mio.). Die Einnahmen aus Europäischen Forschungspro-

PERSONALBESTAND am 31. Dezember 2009

KATEGORIEN	2008	2009
Wissenschaftliches Personal	**501**	**515**
davon ProfessorInnen	20	22
davon Doktorierende	110	115
davon wissenschaftliches Personal ohne Prof./Doktorierende	371	378
Technisches/administratives Personal	**414**	**428**
davon Lernende	38	37
Total (inkl. Teilzeitmitarbeitende)	**915**	**943**

grammen entsprachen mit 6.5 Mio. CHF ebenfalls dem Vorjahreswert (6.3 Mio.). Im Vergleich zum Vorjahr haben die Einnahmen aus der Ressortforschung um 1.2 Mio. Franken auf 7.8 Mio. Franken zugenommen (+15.3%). Die Erlöse Dritter von insgesamt 50.8 Mio. CHF deckten rund 33.9% des Gesamtaufwands.

Der Gesamtaufwand erreichte 149.6 Mio. CHF (136.5 Mio.). Die weitaus grösste Position war dabei der Personalaufwand. Dieser hat im Vergleich zum Vorjahr unter anderem aufgrund der höheren Anzahl an Projektmitarbeitenden (+22 Vollzeitstellen) und Lohnanpassungen um 9 Mio. CHF auf 100.6 Mio. zugenommen. Vom restlichen Aufwand für laufende Aktivitäten entfielen 40.1 Mio. CHF auf den übrigen Sachaufwand und 6.2 Mio. auf den Materialaufwand. Die Rückstellungen wurden um 0.9 Mio. abgebaut.

Die Investitionen in Bauten und apparative Einrichtungen werden mit insgesamt 22.7 Mio. CHF (17.5 Mio.) ausgewiesen. Die baulichen Investitionen inkl. des Kreditübertrags aus den Stabilisierungsmassnahmen betrugen 11.1 Mio. CHF (10 Mio.). Das Investitionsvolumen im Bereich der Mobilien war mit 10.9 Mio. CHF wesentlich höher als im Vorjahr (6.9 Mio.). Die Informatik-Investitionen stiegen mit 0.7 Mio. CHF gegenüber dem Vorjahr (0.6 Mio.) nur leicht an. Das Gesamtergebnis beläuft sich auf 1.3 Mio. CHF (-4.4 Mio.).

ERFOLGSRECHNUNG (in Mio. CHF)

	2008	2009
Ertrag		
Finanzierungsbeitrag Bund	87.8	91.8
Konjunkturstabilisierungsmassnahmen	0	7.8
Drittmittel	29	36
Dienstleistungserlöse	12.7	13.3
Übrige Erträge	1.3	1.5
Finanzerträge	0.3	0.5
Abnahme Rückstellungen für Projekte	1.0	0
Total Ertrag	**132.1**	**150.9**
Aufwand		
Personalaufwand	91.6	100.6
Veränderungen Ferienguthaben	1.1	1.0
Materialaufwand	6.2	6.2
übriger Sachaufwand	38.2	40.1
Veränd. Rückst. für Leistungsversprechen und übrige	-0.6	-0.9
Zunahme Rückstellungen für Projekte	0	2.6
Total Aufwand laufende Aktivitäten	**136.5**	**149.6**
Gesamtergebnis	**-4.4**	**1.3**
Investitionen		
Immobilien	10	11.1
Mobilien	6.9	10.9
Informatik	0.6	0.7
Total Investitionen	**17.5**	**22.7**

Bau / Betrieb

2009 stand – neben zahlreichen «normalen» Bauvorhaben – ganz im Zeichen der Konjunkturstabilisierungsmassnahmen des Bundes. Diese dienen dazu, die Erhaltung der Anlagen und Gebäude besser zu gewährleisten und den Energieverbrauch auf dem Areal zu optimieren. Der Empa wurden in diesem Rahmen 7.8 Mio. CHF an Zusatzmitteln bewilligt. Nachfolgende grössere Projekte wurden geplant bzw. bereits ausgeführt:

- Im Motorenhaus wurden verschiedene Energiesparmassnahmen geplant: Systemanpassungen an tiefe Vorlauftemperaturen, eine neue Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung sowie Nutzung der Abwärme aus den Motorenprüfständen für die Raumwärme. Die Druckluftzentrale wurde mit kleineren, energiesparenden Druckluftkompressoren erneuert. Die Abwärme aus der Druckluftproduktion wird zum Erwärmen des Warmwassers und Beheizen der umliegenden Gebäude genutzt. Für eine konstante Überwachung wurde die Anlage auf das Arealleitsystem Gams aufgeschaltet. Fassadenteile der Gebäude Bauhalle, Metallhalle und Nord-Ost-Gebäude werden mit neuen Fenstern, Türen und Toren instand gesetzt, die den heutigen Anforderungen an die Energievorschriften entsprechen. Auch hier werden soweit erforderlich die Heizungsunterstationen und Heizkörper angepasst, um die Vorlauftemperaturen zu senken.

- Altersbedingt muss in den nächsten Jahren die Heiz- und Kältezentrale auf dem Areal Empa/Eawag in Dübendorf ersetzt werden. Im vergangenen Jahr wurde ein Wettbewerb für den Ersatz der Wärme- und Kälteproduktion durchgeführt, der auch weitere Massnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs aufführt. Die Zielvorgabe der Direktionen von Empa und Eawag lautete, den CO_2-Ausstoss bis ins Jahr 2030 auf einem Absenkpfad um 70 % zu reduzieren. Empa und Eawag haben sich 2009 für ein Projekt entschieden, das Altholz vergast, um Strom und Wärme zu erzeugen. Im Sommer wird mit dieser Abwärme über eine Absorptionskältemaschine ein Teil des Kältebedarfs des Areals gedeckt. Nach rechnerischen Aussagen wird der CO_2-Ausstoss mit diesem Projekt bis ins Jahr 2012 um mehr als 70 % reduziert, das heisst um 4500 Tonnen pro Jahr. Weitere Massnahmen werden bis 2030 die CO_2-Gesamtbilanz schliesslich um insgesamt 80 % absenken. Der Referenzwert liegt beim Jahr 1990 mit 6735 Tonnen CO_2-Ausstoss pro Jahr.

Umweltmanagement

Bei jedem Bauprojekt wird konsequent untersucht, wie der globalen Ressourcenschonung Rechnung getragen werden kann. Dies wird beispielsweise erreicht, indem nachhaltige und energetische Baumaterialien verwendet, Rückgewinnungskonzepte im Wärme- und Kältebereich umgesetzt und/oder auf Stromeinsparungen optimierte Geräte und Anlagen installiert werden.

Basierend auf der 2007 durchgeführten Elektro-Verbrauchsanalyse wurden 2009 verschiedene Massnahmen realisiert. In Dübendorf wurden der alte Notstromgenerator, die USV-Anlage und die Druckluftkompressoren ersetzt sowie die Umwälzpumpen erneuert. Damit lassen sich über 160 000 kWh Strom sparen. In St. Gallen wird der Stromverbrauch durch regeltechnische Massnahmen, Luftmengenoptimierung in Chemielabors und Stilllegung eines Transformators sogar um etwa 180 000 kWh jährlich reduziert. Parallel hierzu wurde die automatische Verbrauchserfassung weiter ausgebaut, was es ermöglicht, den Verbrauch der einzelnen Gebäude direkt über das ETH-Programm «Silo» online abzulesen.

Kontakt
Roland Knechtle
roland.knechtle@empa.ch

Organe der Empa

ETH-Rat

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

Präsident
Fritz Schiesser
Dr. iur., Haslen GL

Vizepräsident
Paul L. Herrling
Prof. Dr., Novartis, Basel

Mitglieder
Patrick Aebischer
Prof. Dr., EPF Lausanne
Ralph Eichler
Prof. Dr., ETH Zürich
Barbara Haering
Dr., Econcept AG, Zürich
Janet Hering
Prof. Dr., Eawag, Dübendorf
Hans Hess
Dipl. Ing. ETH, Hamesco AG, Pfäffikon SZ
Beth Krasna
Dipl. Ing. ETH, EPF Lausanne
Thierry Lombard
lic. rer. pol., Lombard Odier, Genf
Markus Stauffacher
Dr., ETH Zürich

Beratende Kommission

Gremium führender Persönlichkeiten, das die Leitung der Empa bei grundlegenden Fragen berät.

Präsident
Norman Blank
Dr., Sika, Zürich

Mitglieder
Kurt Baltensperger
Dr., ETH-Rat, Zürich
Crispino Bergamaschi
Prof. Dr., FH Zentralschweiz, Horw
Peter Chen
Prof. Dr., ETH Zürich
Andreas Hafner
Dr., BASF, Basel
Rita Hoffmann
Dr., Ilford, Marly
Jan-Anders Manson
Prof. Dr., EPF Lausanne
Markus Oldani
Dr., ALSTOM, Baden
Andreas Schreiner
Dr., Novartis, Basel
Eugen Voit
Dr., Leica Geosystems, Heerbrugg
Rolf Wohlgemuth
Dr., Siemens, Zug

Forschungskommission

Die Forschungskommission berät die Empa-Direktion u.a. in Forschungsfragen, bei der Wahl des F + E-Spektrums und der Evaluation von internen F + E-Projekten. Folgende Personen – neben Empa-Forschenden – haben Einsitz:

David Grainger
Dr., University of Utah, USA
Bengt Kasemo
Prof. Dr., Chalmers University of Technology, Schweden
Erkki Leppävuori
Prof. Dr., VTT, Finnland
Jaques Marchand
Prof. Dr., Laval University, Kanada
Klaus Müllen
Prof. Dr., MPI, Deutschland
Claudia Stürmer
Prof. Dr., Universität Konstanz, Deutschland
Eberhard Umbach
Prof. Dr., KIT, Deutschland
Sukekatsu Ushioda
Prof. Dr., NIMS, Japan
Alex Dormann
Dr., CSEM, Zürich
Thomas Egli
Prof. Dr., Eawag, Dübendorf
Karl Knop
Dr., Zürich
Dimos Poulikakos
Prof. Dr., ETH Zürich
Viola Vogel
Prof. Dr., ETH Zürich
Alexander Wokaun
Prof. Dr., PSI, Villigen

Organigramm

Portal

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

Forschungsschwerpunkte

Nanostrukturierte Materialien
Dr. Pierangelo Gröning

DIREKTION

Direktor
Prof. Dr. Gian-Luca Bona

Stv. Direktor
Dr. Peter Hofer

DEPARTEMENTE

Moderne Materialien und Oberflächen
Dr. Pierangelo Gröning

Zentrum für Elektronenmikroskopie
Dr. Rolf Erni

ABTEILUNGEN

- **Hochleistungskeramik**
  Prof. Dr. Thomas Graule
- **Funktionspolymere**
  Dr. Frank Nüesch
- **Dünnfilme und Photovoltaik**
  Prof. Dr. Ayodhya N. Tiwari
- **nanotech@surfaces**
  Dr. Pierangelo Gröning
- **Nanoscale Materials Science**
  Prof. Dr. Hans Josef Hug
- **Werkstoff- und Nanomechanik**
  Dr. Johann Michler
- **Advanced Materials Processing**
  Prof. Dr. Patrik Hoffmann
- **Füge- und Grenzflächentechnologie**
  Dr. Manfred Roth
- **Korrosion und Werkstoffintegrität**
  Dr. Patrik Schmutz a.i.

Bau- und Maschineningenieurwesen
Dr. Peter Richner

ABTEILUNGEN

- **Mechanical Systems Engineering**
  Dr. Giovanni Terrasi
- **Mechanics for Modelling and Simulation**
  Prof. Dr. Edoardo Mazza
- **Ingenieur-Strukturen**
  Prof. Dr. Masoud Motavalli
- **Holz**
  Dr. Klaus Richter
- **Bautechnologien**
  Prof. Dr. Jan Carmeliet
- **Beton / Bauchemie**
  Dr. Pietro Lura
- **Strassenbau / Abdichtungen**
  Prof. Dr. Manfred Partl

Materials meet Life
Prof. Dr. Harald Krug

ABTEILUNGEN

- **Schutz und Physiologie**
  Dr. René Rossi
- **Advanced Fibers**
  Dr. Manfred Heuberger
- **Materials-Biology Interactions**
  Prof. Dr. Harald Krug
- **Biomaterials**
  Dr. Linda Thöny-Meyer

Programme zur Aus- und Weiterbildung

Empa-Akademie
Dr. Anne Satir

International PhD Program Switzerland – Poland
Prof. Dr. Jolanta Janczak

Master in Mikro- und Nanotechnologie (MNT)
Dr. Dirk Hegemann

Sustainable Built Environment
Dr. Peter Richner

Gesundheit und Leistungsfähigkeit
Prof. Dr. Harald Krug

Natürliche Ressourcen und Schadstoffe
Dr. Peter Hofer

Materialien für Energietechnologien
Dr. Xaver Edelmann

Informations-, Zuverlässigkeits- und Simulationstechnik
Dr. Xaver Edelmann

ABTEILUNGEN

Technologie und Gesellschaft
Prof. Dr. Lorenz Hilty

Medientechnik
Prof. Dr. Klaus Simon

Elektronik / Messtechnik / Zuverlässigkeit
Dr. Urs Sennhauser

Akustik / Lärmminderung
Kurt Eggenschwiler

Mobilität, Energie und Umwelt
Dr. Peter Hofer

ABTEILUNGEN

Verbrennungsmotoren
Christian Bach

Luftfremdstoffe / Umwelttechnik
Dr.Brigitte Buchmann

Analytische Chemie
Dr. Heinz Vonmont

Festkörperchemie und -katalyse
Prof. Dr. Anke Weidenkaff

Wasserstoff und Energie
Prof. Dr. Andreas Züttel

Support
Roland Knechtle

ABTEILUNGEN

Marketing, Wissens- und Technologietransfer
Gabriele Dobenecker

Kommunikation
Dr. Michael Hagmann

Personal
André Schmid

Informatik
Dr. Christoph Bucher

Finanzen / Controlling / Einkauf
Heidi Leutwyler

Konstruktion / Werkstatt
Stefan Hösli

Logistik und Infrastruktur
Paul-André Dupuis

Bau 3 Forschungsinstitutionen
Daniel Beerle

Öffentlich-private Partnerschaften

Netzwerk Zuverlässigkeitstechnik
Dr. Urs Sennhauser

Center for Synergetic Structures
Empa – Festo AG
Dr. Rolf Luchsinger

tebo – Technologiezentrum in St. Gallen
Peter Frischknecht

glaTec – Technologiezentrum in Dübendorf
Mario Jenni

IMPRESSUM

Herausgeber
Empa
CH-8600 Dübendorf
CH-9014 St.Gallen
CH-3602 Thun

Redaktion
Kommunikation, Empa

Konzept/Gestaltung
Grafikgruppe, Empa

Druck/Ausrüstung
Sonderegger Druck AG, Weinfelden

ISSN 1424-2176 Jahresbericht Empa
© Empa 2010

Der wissenschaftlich-technische Bericht «Empa Activities 2009/2010» (in Englisch), weitere Jahresberichte sowie Informationsmaterial sind direkt erhältlich bei:

Empa
Abteilung Kommunikation
Überlandstrasse 129
CH-8600 Dübendorf
redaktion@empa.ch

Empa

CH-8600 Dübendorf
Überlandstrasse 129

Telefon +41 44 823 55 11
Telefax +41 44 821 62 44

CH-9014 St. Gallen
Lerchenfeldstrasse 5

Telefon +41 71 274 74 74
Telefax +41 71 274 74 99

CH-3602 Thun
Feuerwerkerstrasse 39

Telefon +41 33 228 46 26
Telefax +41 33 228 44 90

www.empa.ch

EMPA

Materials Science & Technology