



Unsere Vision.

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

SEITEN 4-5

Vorwort

SEITEN 6-7

Das Jahr im Rückblick

SEITEN 8-53

Im Blickpunkt: Ausgewählte Projekte

SEITEN 54-61

Future Mobility

SEITEN 62-79

Research Focus Areas

SEITEN 80-107

Von der Forschung zur Innovation – die Empa als Partnerin

SEITEN 108-111

Organigramm, Gremien der Empa

SEITEN 112-114

Zahlen und Fakten

IMPRESSUM

Herausgeber: Empa, CH-8600 Dübendorf, 9014 St.Gallen, 3602 Thun. Redaktion: Kommunikation, Empa. Konzept/Gestaltung: Grafikgruppe, Empa.
Druck/Ausrüstung: Neidhart + Schön AG, CH-Zürich. ISSN 1424-2176 Jahresbericht Empa © Empa 2013



Empa – the place where innovation starts

In den vergangenen Jahren hat die Empa vieles erreicht und beachtliche Erfolge feiern können. Die Empa ist in ihrer Rolle als Institut, das Materialforschung und Technologieentwicklung vorantreibt und damit Innovationen für den Markt vorbereitet, allseits anerkannt; dies hat auch der im letzten November durchgeführte internationale «Peer Review» eindrücklich bestätigt. Wir haben im «Leiden-Ranking» eine ausgezeichnete Bewertung für unsere wissenschaftlichen Leistungen erhalten – was zeigt, dass wir uns im Forschungsbereich auf Augenhöhe mit den weltweit besten Universitäten und Forschungsinstituten befinden. 2012 haben wir unseren wissenschaftlichen Output erneut gesteigert und ein neuerliches «All-Time-High» bei den wissenschaftlichen Publikationen erzielt sowie unsere Industriepartnerschaften kontinuierlich ausgebaut. So wurden letztes Jahr mehr als 500 Kooperationsvereinbarungen abgeschlossen, auch dies ein neuer Spitzenwert, der die Bedeutung unseres Wissens- und Technologietransfers zu industriellen und institutionellen Partnern widerspiegelt. Darauf können wir zu Recht stolz sein.

Das im August anstehende 50-jährige Jubiläum des Campus Dübendorf bietet jedoch nicht nur Gelegenheit, auf das Erreichte zurückzuschauen, sondern auch nach vorne zu blicken und sich zu fragen, wo die Reise hingehen soll. Eine Institution wie die Empa, die auf Spitzenforschung aufbauend Innovationen für den

Markt ermöglicht, muss ihre Ausrichtung hin und wieder überprüfen, ihren Kompass im kompetitiven Umfeld neu ausrichten. Denn nur durch eine regelmässig optimierte Strategie kann die Empa trotz limitierter Ressourcen die in sie gesteckten Erwartungen erfüllen.

Unsere Stärke liegt dabei in den hervorragenden Mitarbeitenden auf allen Stufen, die es uns ermöglichen, stets mit neuen Ideen auf sich wandelnde Herausforderungen zu antworten. Die Möglichkeit, inspiriert durch neue Forschungsergebnisse und «top-down»-Vorgaben innovative Konzepte «bottom-up» einzubringen und damit die Strategie der Empa mitzugestalten, ist eine Besonderheit unserer Institution. Dabei kommt uns zudem die enorme Vielfalt an Kenntnissen und Know-how in den verschiedenen Disziplinen zugute, die es noch vermehrt zu nutzen gilt, um trans- und interdisziplinäre Lösungen zu erarbeiten. Wir haben uns daher für dieses Jahr vorgenommen, der Zukunftsgestaltung und der Kultur der Zusammenarbeit besondere Beachtung zu schenken.

Im aktuellen Jahresbericht können Sie die vielseitigen Facetten unseres Wirkens entdecken. Ich möchte Sie auffordern, sich Gedanken zu machen, was Sie von der Empa der Zukunft erwarten, einer Empa unter dem Motto «the place where innovation starts». Ihre Anregungen würden mich sehr freuen.



Prof. Dr. Gian-Luca Bona
Direktor

01

Bewegt im Rollstuhl

Empa-Ingenieure und die Firma «r going» entwickelten eine ergonomische Sitzschale, die Rollstuhlfahrenden hilft, ihre Sitzposition regelmässig zu verändern, um Druckstellen vorzubeugen.



Mit Sommersonne im Winter heizen

Mit dem Empa-Spezialbeton sind saisonale Temperaturschwankungen kein Problem mehr. Der Baustoff speichert Wärme verlustfrei und gibt sie bei Bedarf kontrolliert ab.

02

Molekularer «Teppich»

Forschern der Empa und der der ETH Zürich gelang es erstmals, regelmässige zweidimensionale Polymere herzustellen. Sie könnten etwa als molekulare Filter Verwendung finden.

Elektroschrott in Afrika

Mit steigendem Verbrauch eskaliert auch die Entsorgung: Elektroschrott ist ein ernstzunehmendes Problem in Westafrika. Er bietet aber auch Chancen, wie eine UN-Studie unter Beteiligung der Empa zeigt.



03

Ausweitung des Montreal-Protokolls

Das Montreal-Protokoll verbietet Ozon schädigende FCKW. Da die Ersatzstoffe jedoch langlebige Treibhausgase sind, schlagen Forscher vor, auch deren Verwendung stufenweise einzustellen.

«Nano» im Bau

Im 2010 gestarteten EU-Projekt «Nanohouse» geht ein Empa-Team der Frage nach, ob Nanopartikel in Baustoffen eine Gefahr für Mensch und Umwelt sind. Die erste Phase ist nun abgeschlossen.

04

Denksport-Wettkampf an der Empa

Physikbegeisterte Schülerinnen und Schüler debattierten an der Empa über knifflige Probleme; das siegreiche Team vertrat die Schweiz im Sommer am «Physik-Weltcup» im süddeutschen Bad Saulgau.



Helfer am Spitalbett

Ob Schlafverhalten überwachen oder genügend Bewegung sichern: Der Empa- und ETH-Spin-off «compliant concept» entwickelte ein Gerät, das kleinste Bewegungen von Bettlägerigen erfasst.

Seite 26



05

Wasserstoff tanken

In Brugg wurde die erste Schweizer Wasserstofftankstelle für Busse eingeweiht. Im Rahmen eines gemeinsamen Projekts der Empa und der Postauto Schweiz AG fahren fünf Postautos CO-frei.



06

Ständig überwacht

Eine Studie der TA-SWISS und der Empa warnt vor allgegenwärtigen Ortungstechnologien, denen wir täglich ausgesetzt sind, da die Datensicherheit nicht immer gewährleistet sei.

Batterieteststation nimmt Betrieb auf

An der Empa sollen demnächst grosse und kleine Batterien auf ihre Zuverlässigkeit und Lebensdauer untersucht werden, um sie in Zukunft leistungstärker und sicherer zu bauen.

07

Empa-Technologie fliegt zum Merkur

Die an der Empa entwickelte Ionisierungseinrichtung eines Massenspektrometers wird eine ESA-Sonde zum Merkur begleiten. Das Gerät ist sehr leicht und zuverlässig und hält extremen Temperaturen stand.



Ein Pflaster mit vielen Talenten

Das Pflaster der Zukunft wird Medikamente gezielt in die Wunde abgeben – und sich mit fortschreitender Heilung selbst auflösen: Die Empa entwickelt einen bioabbaubaren multifunktionalen Verband.

08

Dieselmotoren entschlüsselt

Die Weltgesundheitsorganisation WHO stuft Dieselmotoren als krebserregend ein. Dazu trugen Empa-Forschende bei, indem sie Struktur und chemische Zusammensetzung von Russpartikeln analysierten.



09

«ERC Grant» für Empa-Forscher

Für seine Forschung an Nanokristallen in Festkörpern erhielt der Empa-Forscher Maksym Kovalenko rund 1,8 Millionen Franken. Mit 30 Jahren ist er der jüngste ERC-Preisträger.

Sind Biotreibstoffe wirklich «grün»?

Eine von der Empa geleitete Studie untersuchte die Ökobilanzen von Biotreibstoffen und stellte fest, dass die wenigsten davon wirklich umweltfreundlich sind.

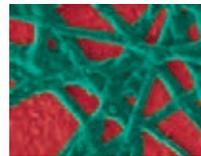


10

Künstliche Photosynthese

Durch ein genetisch optimiertes Blaualgenprotein ist es Empa-Forschern gelungen, die Effizienz von Elektroden für die solare Wasserspaltung zu steigern.

Seite 19



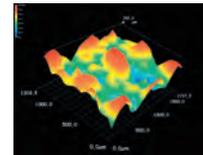
11

Günstige Solarzellen für die Zukunft

Das EU-Projekt «TREASORES» wird in den kommenden drei Jahren kostengünstige Produktionsverfahren für organische Elektronik entwickeln. Geleitet wird es vom Empa-Forscher Frank Nüesch.

Innovatives Laken für Bettlägrige

Druckgeschwüre sind eine Gefahr für unbewegliche PatientInnen. Mit Empa-Knowhow gewebene Spezialbettlaken minimieren dank mikroskopischer Strukturierung die Druckstellen.



Schutz vor Nanomaterialien genügt

Die Empa erstellte für das Bundesamt für Umwelt eine Studie, um die Risiken von Nanomaterialien zu analysieren. Fazit: Im Moment sind keine Zusatzmassnahmen nötig.

12

6. Empa-Innovationspreis

«And the winner is»: der hoch isolierende Spezialdämmputz auf Aerogel-Basis. Der Putz ist vor allem für die Sanierung historischer Gebäude eine praktische Alternative zu sperrigen Isolierplatten.



Ganz schön CLEVER

Der erste Erdgas-Hybrid mit Schaltgetriebe entstand an der Empa, mit Beteiligung der ETH Zürich und der Industrie. Das Testauto «CLEVER» stösst rund 45 Prozent weniger CO₂ aus als ein Benzinler.

Seite 50

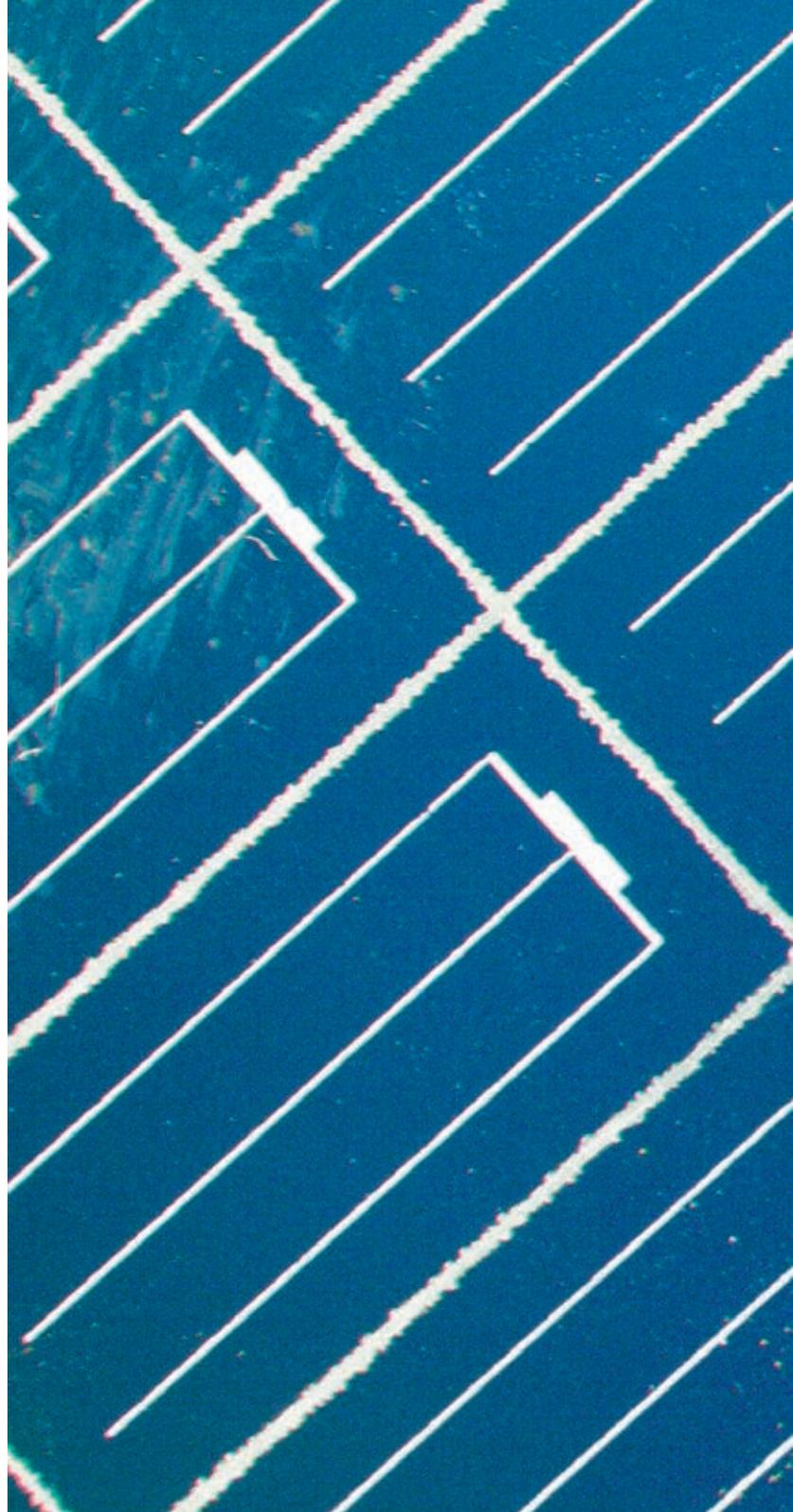
Ein Turbo für die Brennstoffzelle

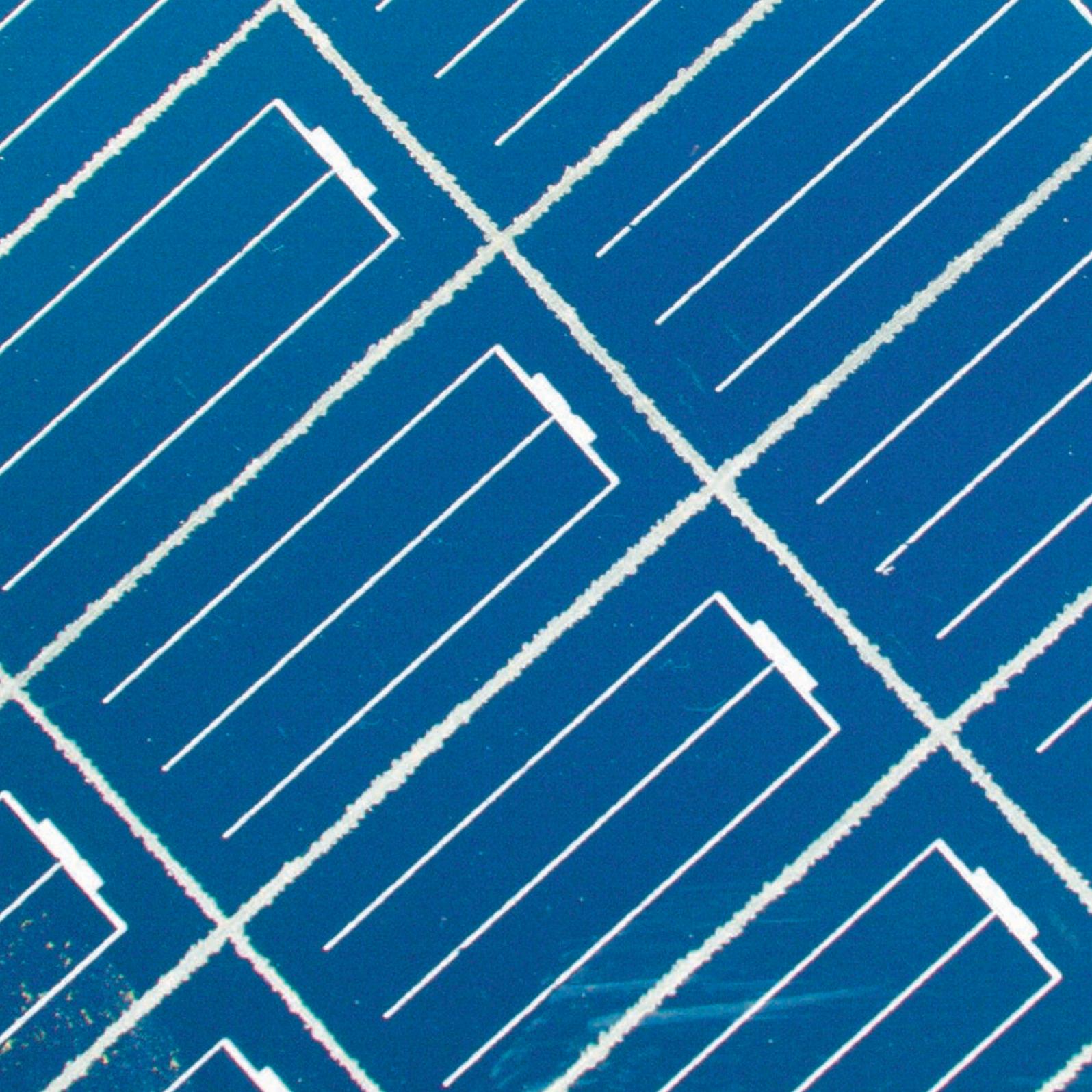
Empa-Wissenschaftler stellten thermoelektrische Konverter her, die sogar bei sehr hohen Temperaturen – etwa im Inneren einer Brennstoffzelle – Abwärme in Strom umwandeln können.

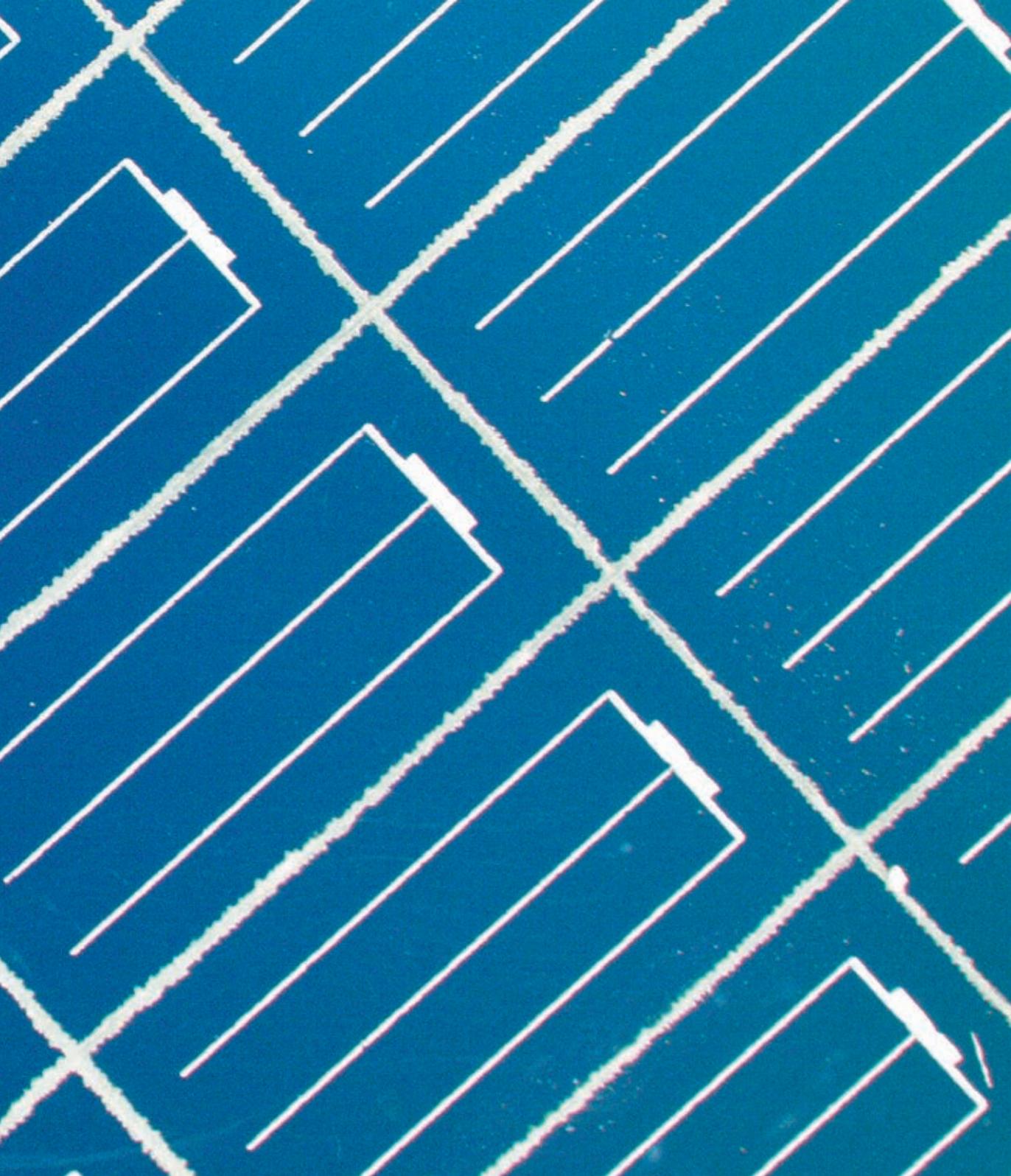
Seite 16

Im Blickpunkt: Ausgewählte Projekte

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







Modernste Analysetechnik im atomaren Bereich

Wollte man bis anhin Oberflächen sowohl auf chemische als auch auf physikalische Eigenschaften untersuchen, musste die Probe in verschiedenen Geräten analysiert werden. An der Empa wurde nun ein neues, einzigartiges Gerät – genannt 3D-NanoChemiscope – entwickelt,

20

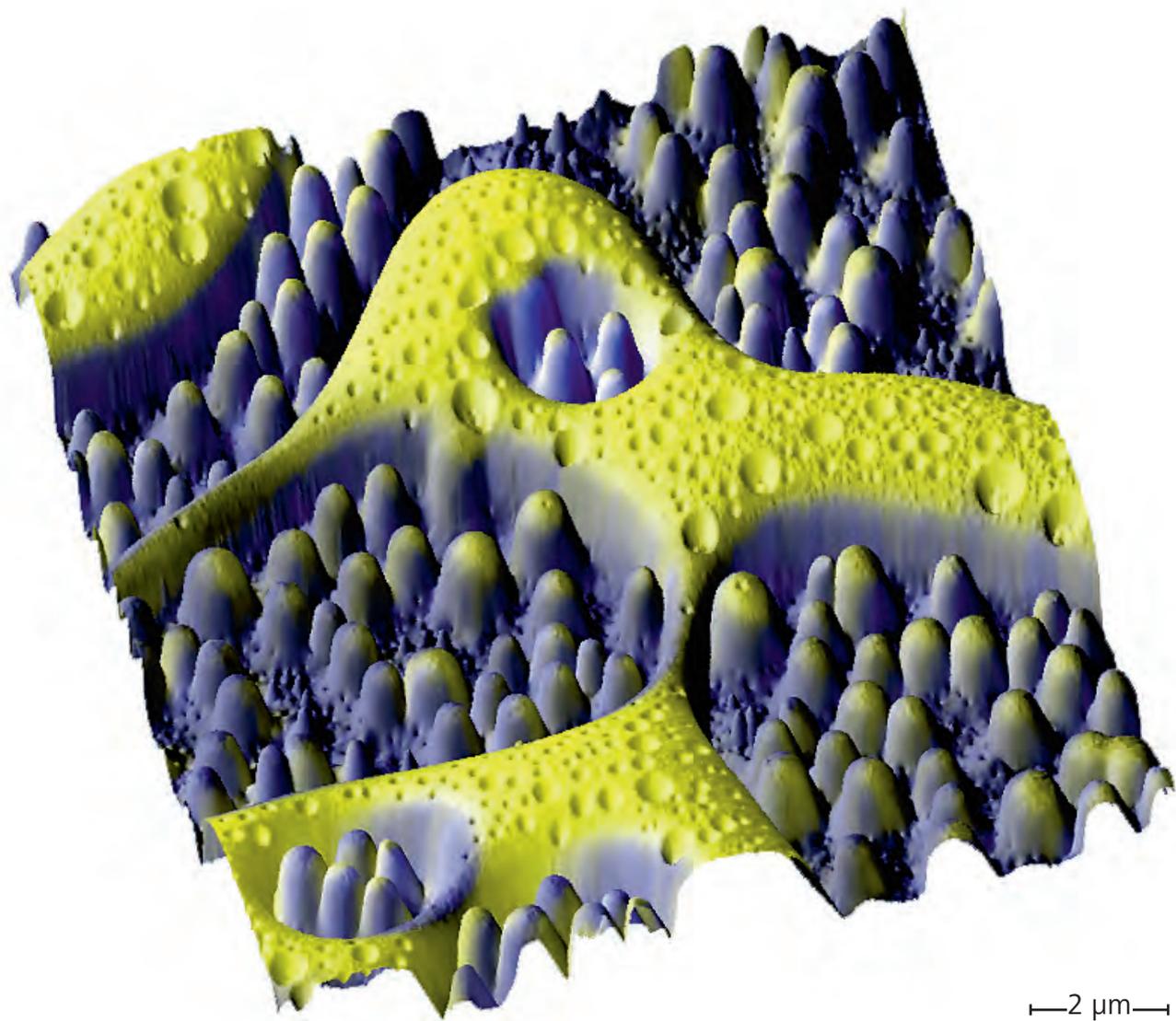
Nanometer beträgt die Positionierungsgenauigkeit des 3D-NanoChemiscope. Eine Probe kann dank Piezomotor exakt vom ToF-SIMS zum SFM und wieder zurück transportiert werden.

das simultan dreidimensionale Oberflächen chemisch und physikalisch analysieren kann. Bis anhin rasterte ein Rasterkraftmikroskop (SFM, von engl. «scanning force microscope») mit einer feinen Spitze die Topografie der Probe ab, darauf musste diese zum High-End-Massenspektrometer (ToF-SIMS, von engl. «time-of-flight secondary ion mass spectrometry») gebracht werden. Hier wurde ermittelt, aus welchen Elementen sich die oberste monomolekulare Schicht der Festkörperoberfläche zusammensetzt. Durch den Transport vom einen zum anderen Gerät lief man allerdings Gefahr, die Probe zu kontaminieren; ausserdem war es praktisch unmöglich, die im SFM untersuchte Stelle exakt wiederzufinden.

Können Rasterkraftmikroskop und Massenspektrometer «vereint» werden?

Um simultan und dreidimensional mechanische Eigenschaften wie Härte, Elastizität oder Reibungskoeffizient, aber auch die chemische Zusammensetzung einer Oberflächenstruktur zu bestimmen, sollten SFM und ToF-SIMS «vereint» werden. Das Problem dabei: Die beiden Geräte sind sehr unterschiedlich aufgebaut. Beim SFM befinden sich Probe und Rasterspitze

Die kombinierte ToF-SIMS/SFM-Oberflächenanalyse einer Polymermischung, die zur Herstellung organischer Solarzellen verwendet wird.



—2 μm —

in einer Kammer mit Dämpfern, die jede unerwünschte Schwingung unterdrücken. Im ToF-SIMS hingegen ist alles – die Kanonen für die Ionenstrahlen, Kameras, usw. – um die Probe herum angeordnet. Rein geometrisch stieß man daher schnell an Grenzen. Die Probe liess sich nicht gleichzeitig mit beiden Methoden untersuchen.

Im vierjährigen, von der EU geförderten «3D-NanoChemiscope»-Projekt entwickelten Empa-Forscherinnen und -Forscher zusammen mit internationalen Partnern ein neues Gerät, das SFM und ToF-SIMS in einer Ultrahochvakuumkammer möglichst nahe nebeneinander unterbringt. Ausgerüstet wurde es mit einem neuartigen Transportsystem, das die Probe auf einer Schiene mit diamantähnlicher Kohlenstoffbeschichtung mittels Piezomotor sanft vom SFM zum ToF-SIMS und zurück schiebt. So wird verhindert, dass die zu untersuchende Probenoberfläche «verloren» geht beziehungsweise nicht mehr gefunden wird. Wird eine elektrische Spannung an ein piezoelektrisches Material angelegt, dehnt sich dieses aus. Wird der Strom abgestellt, zieht es sich wieder zusammen. Die Bewegung verläuft kontinuierlich, ganz ohne Erschütterungen, der Probenhalter gleitet sanft wie auf Kufen.

Bei der Entwicklung des neuen Geräts achteten die Forscher darauf, die Funktionalitäten der beiden ursprünglichen Geräte zu erhalten. So kann der Probenhalter Bewegungen auf fünf Achsen

ausführen, so dass sich die zu untersuchende Stelle aus den unterschiedlichsten Winkeln analysieren lässt. Damit das möglichst störungsfrei abläuft und ein molekular aufgelöstes Rasterbild erzeugt werden kann, bewegt man die Probe im SFM nicht – wie normalerweise üblich – unter einer positionsfixierten Spitze hin und her, sondern rastert mit der Spitze die nunmehr arretierte Probe ab.



Die Projektleiterin diskutiert mit dem Maschinenbauer den Konstruktionsplan eines Bauteils.

Mit der neuen, technisch äusserst komplexen Lösung ging das Empa-Team weit über den ursprünglich geplanten Ansatz hinaus. Es wurde nicht nur eine Art Funktionsmuster, sondern gleich ein kompletter Prototyp entwickelt und in Betrieb genommen. Auch das ToF-SIMS selbst wurde «veredelt», indem der Industriepartner



Techniker beim Einrichten und Justieren des Gerätes.

ION-TOF den Fokus des Ionenstrahls wesentlich verbesserte: Das ToF-SIMS wurde quasi mit einer «Brille» ausgerüstet, mit der es zwar immer noch weniger scharf als das SFM «sieht», jedoch wesentlich besser als vorher. In Zahlen: Beim ToF-SIMS sind Auflösungen bis zu 20 Nanometern möglich, mit dem SFM liegt die laterale Auflösung – abhängig von Probe, Spitze und Modus – im Subnanometerbereich.

Im Januar 2013 wurde das Projekt abgeschlossen. Der Prototyp – ein Ungetüm aus Aluminium, einen Meter lang, 70 Zentimeter breit und an die 1,70 Meter hoch – ist seither bei ION-TOF im deutschen Münster für Industriekunden und Forschungspartner im Einsatz. Der Bau weiterer Geräte steht an, verschiedene Kunden hätten bereits ihr Interesse signalisiert. Keine schlechten Geschäftsaussichten, kostet doch ein 3D NanoChemiscope im siebenstelligen Frankenbereich.

Internationale Zusammenarbeit zwischen Forschung und Industrie

Das Projekt stand unter der Leitung der deutschen Firma ION-TOF GmbH in Zusammenarbeit mit der Empa, NanoScan, Université Catholique de Louvain (UCL), Belgien, University of Namur (FUNDP), Belgien, Institute of Scientific Instruments (ISI), Tschechische Republik, Holst Centre, Niederlande, und der Technischen Universität Wien, Österreich.

Ein Turbo für die Brennstoffzelle

Abwärme, die sonst ungenutzt an die Umgebung abgegeben wird, lässt sich direkt in Strom umwandeln. Dazu werden thermoelektrische Konverter (TECs, von engl. «thermoelectric converters») verwendet. Sie werden unmittelbar auf heisse Flächen wie Wände von Motoren

oder Öfen montiert. Die TEC-Elemente bestehen aus Halbleitermaterialien. Werden diese einem Temperaturgradienten ausgesetzt, so wandern Ladungsträger von der heissen zur kalten Seite. Schliesst man einen Verbraucher an, so fliesst ein Strom. Am effizientesten ist der Einsatz von TECs dort, wo grosse Temperaturdifferenzen genutzt werden können. Doch die gängigen Materialien sind nur bis zu einer Temperatur von ca. 300°C stabil. Die Betriebstemperatur einer Festoxid-Brennstoffzelle (SOFC, von engl. «solid oxide fuel

cell»), die etwa in Brennstoffzellen-Heizgeräten zum Einsatz kommt, liegt aber deutlich darüber. Sie wird bis zu 900°C heiss.

Im Projekt «HITTEC» (High Temperature Thermoelectric Converter) entwickeln Forschende der Empa in strategischer Partnerschaft mit der Hexis AG einen thermoelektrischen Konverter, der auch hohen Temperaturen trotzen kann. Dadurch kann die während der Prozesse in der SOFC entstehende Abwärme durch Umwandlung in Strom teilweise zurückgewonnen werden. Dies erhöht den elektrischen Wirkungsgrad des Brennstoffzellen-Systems und hilft so, Primärenergie sowohl aus fossilen als auch erneuerbaren Quellen einzusparen und die Effizienz von SOFC-Systemen zu steigern.

10

Prozent Effizienzsteigerung liegen bei Festoxid-Brennstoffzellen durch den Einsatz von Hochtemperatur-TECs durchaus drin, schätzen Experten.

Perowskitartige Metalloxide als ideale Kandidaten

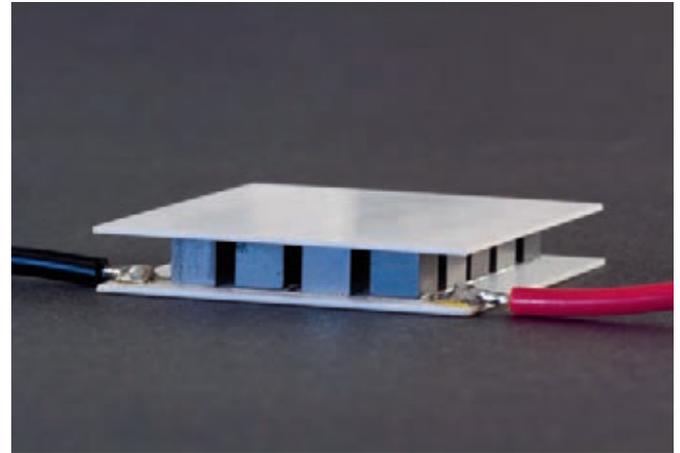
Zum Bau geeignete Materialien müssen nicht nur temperaturstabil sein, sondern auch einen hohen thermoelektrischen Materialwirkungsgrad besitzen. Als ideale Kandidaten gelten perowskitartige Metalloxide. Sie sind chemisch und thermisch stabil, ungiftig und können in grösseren Mengen günstig produziert werden. Calciummanganat, bei dem das Mangan teilweise durch Wolfram

substituiert wurde, hat sich als besonders erfolgversprechend erwiesen.

Für die Untersuchung möglicher HITTEC-Materialien wurde dafür an der Empa eigens eine neuartige Messanlage entwickelt. Darin werden die Module extrem hohen Temperaturen ausgesetzt. So können die Empa-Forschenden Eigenschaften und Leistung der Module bestimmen und allfällige Schwachstellen ermitteln.



Eigens für Hochtemperatur-TECs wurde an der Empa ein neuartiger heizbarer Teststand entwickelt.



Ein Thermokonverter wird wie ein Pflaster an heissen Oberflächen angebracht und kann (zusätzlichen) Strom liefern.

Hybridisierung von SOFC und TEC

Die Vision der Empa-Materialforschenden sieht allerdings noch anderes vor: Sie wollen die TECs unmittelbar an einer der Elektroden anbringen, also genau dort, wo die chemische Reaktion der Brennstoffzelle abläuft. Für SOFC-Elektrodenmaterialien werden nämlich ebenfalls hochtemperaturstabile Mischoxide vom Perowskittyp verwendet.

Verschiedene Forschungspartner, wie die Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW), die EPF Lausanne und die ETH Zürich, steuern ihr Know-how bei. Sie optimieren das Moduldesign und die Modellierung der Materialeigenschaften und geben vor, wie sich die Module am besten in die SOFC integrieren lassen. Auf dieser Grundlage kann dann gemeinsam mit Hexis ein thermoelektrisch optimierter SOFC-Prototyp entworfen und gebaut werden.



Im Hexis-Brennstoffzellen-Heizgerät sind bis zu 60 Brennstoffzellen in einem «Stack» gestapelt und bieten eine ausreichend grosse Fläche für den Einsatz der thermoelektrischen Module.

Solarer Wasserstoff mittels «künstlicher Fotosynthese»

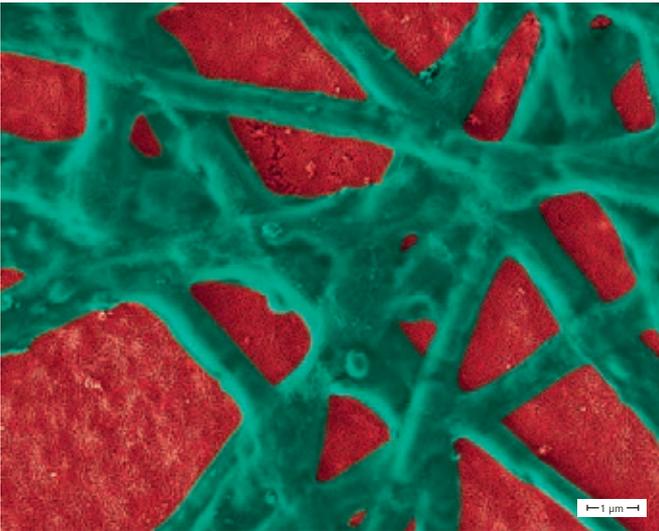
Die Sonne liefert der Erde pro Stunde mehr Energie, als die Erdbevölkerung in einem Jahr verbraucht. Die technische Nutzung von Sonnenenergie erfolgt beispielsweise durch «Verstromung» mittels Solarzellen. Die günstige, effiziente und dauerhafte elektrische Energiespeicherung ist jedoch noch eine Herausforderung.

2,0

Elektronenvolt beträgt die Bandlücke von Hämatit, einer Form von Eisenoxid. Als Bandlücke bezeichnet man den Energieunterschied zwischen Valenz- und Leitungsband der Elektronen. Durch Anregung, etwa durch Licht, können Elektronen die Bandlücke überspringen, wodurch die elektrische Leitfähigkeit zunimmt.

Überdies wird nur ein Fünftel des weltweiten Energiebedarfs durch Elektrizität gedeckt. Die restlichen 80 Prozent decken Brennstoffe. Etwa in Form von Wasserstoff, der als chemischer Energiespeicher in fotoelektrochemischen Zellen (PEC) direkt aus Sonnenlicht und Wasser produziert werden kann. Wird in diesen Prozess noch das Treibhausgas CO₂ eingebunden, lassen sich sogar synthetische Treibstoffe («SynFuels» oder «Solar Fuels») herstellen – sozusagen via «künstlicher Fotosynthese». Das Energieproblem wäre gelöst.

Wissenschaftler versuchen daher, die Prozesse der natürlichen Fotosynthese nachzuahmen und in PEC technisch zu realisieren. Empa-Forschende aus den Abteilungen «Hochleistungskeramik» und «Biomaterialien» entwickeln gemeinsam mit Kollegen der Universität Basel, der EPF Lausanne und aus den Vereinigten Staaten neuartige PEC-Hybrid-Elektroden, in denen kostengünstiges Eisenoxid mit gentechnisch optimierten Lichtantennen-Proteinen aus blaugrünen Algen funktionalisiert wird.



Film aus Hämatit-Nanopartikeln (rot) mit vernetztem Phycocyanin-Protein (grün).
Bild: Dr. E. Vitol, Argonne National Laboratory

Eine Anode aus... Rost

Hämatit, ein dem Rost ähnelndes Eisenoxid, ist ein vielversprechendes Anodenmaterial für PEC; es fängt Sonnenlicht in einem so breiten Spektralbereich ein, dass es theoretisch 15 Prozent der einfallenden Sonnenenergie in Wasserstoff umwandeln könnte. Ausserdem ist es billig, stabil, umweltfreundlich und in beliebigen Mengen verfügbar. Seine tatsächliche Effizienz ist allerdings deutlich geringer. Das liegt an der molekularen Struktur des Hämatits, in dem vom Sonnenlicht gebildete Elektronenlöcher nur für extrem kurze Zeit existieren. Diese Löcher müssen an die Oberfläche diffundieren, um dort aus Wasser Sauerstoff und Wasserstoff zu erzeugen. Aufgrund der molekularen Struktur von Hämatit «neutralisiert» sich jedoch ein Grossteil der Paare nach kurzer Zeit wieder.

Daher ist es wichtig, genaue Kenntnis über Elektronenlöcher an den Elektrodenoberflächen zu gewinnen. Kürzlich ist es den Empa-Forschenden und ihren wissenschaftlichen Partnern gelungen, erstmals Änderungen der Elektronenstruktur während der fotoelektrochemischen Wasserspaltung in einer speziell konstruierten PEC mittels weicher Röntgenstrahlung zu beobachten. Insbesondere konnten die Forschenden zwei Spektralsignaturen identifizieren und diese spezifisch den Eisen- und Sauerstoffionen im Hämatit zuordnen.

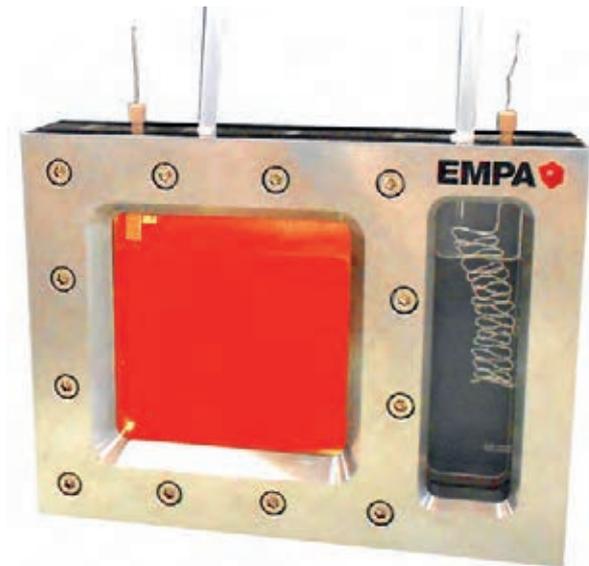
Hämatitfilm mit selbständig organisiertem Protein-Netzwerk.



Der zweite wichtige Bestandteil: ein Algenprotein

Der zweite Bestandteil der neuartigen Hybridelektrode ist das Protein Phycocyanin, das in Blaualgen Sonnenlicht für die Photosynthese «einfängt». Tatsächlich absorbieren Hämatit-Nanopartikel deutlich mehr Photonen, wenn sie mit Phycocyanin bedeckt sind: Der Fotostrom der Hybridelektrode verdoppelte sich. Den Biotechnologie-Fachleuten der Empa ist es sogar gelungen, Phycocyanin derart zu verändern, dass dessen Haftung am Hämatit optimiert und frühere aufwändige Prozessschritte überflüssig wurden. Dem Protein wird die Neigung, sich an das Hämatit zu koppeln, sozusagen gentechnisch in die Wiege gelegt. Zudem kann die Bio-Hybridelektrode inzwischen in einem umweltfreundlichen, pH-neutralen Elektrolyt betrieben werden.

Das molekulare Verständnis der Vorgänge bei der fotoelektrochemischen Wasserspaltung sowie die Kombination mit dem natürlichen Lichtfänger aus Blaualgen sind ein erster Schritt hin zur günstigen Wasserstoffproduktion aus Sonnenenergie.



Empa-Prototyp einer neuartigen fotoelektrochemischen Zelle, mit der sich Wasserstoff direkt aus Sonnenlicht und Wasser produzieren lässt.

Flammschutz ganz ohne Gift

Kunststoffe aus organischen Polymeren brennen aufgrund ihres hohen Kohlenstoffanteils meist sehr gut; in aufgeschäumter Form entzünden sie sich dazu noch recht leicht – und bilden je nach chemischer Zusammensetzung giftige Gase wie Blausäure und Kohlenmonoxid. Daher

müssen beispielsweise Polyurethanschäume und dergleichen mit Flammschutzmitteln gegen Feuer geschützt werden. Diese Schaumstoffe finden etwa in Polstermöbeln und Matratzen, als Isolations- und Verpackungsmaterial sowie als Montageschäume breite Anwendung.

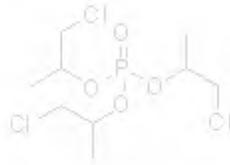
Gängige halogenierte Flammschutzmittel wie Tris(chlorpropyl)phosphat (TCPP) oder einige polybromierte Diphenylether (PBDE) stehen im Verdacht, Gesundheit und Umwelt zu schädigen: Etliche dieser Substanzen sind äusserst langlebig und reichern sich in der Umwelt an, haben Hormon-

ähnliche Wirkung und gelten gar als krebserregend. Unbedenkliche Ersatzstoffe sind also gefragt. Genau diese entwickelten Empa-Forschende zusammen mit der Schweizer Firma FoamPartner im Rahmen eines von der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) geförderten Projekts.

Bei den neuartigen Flammhemmern handelt es sich um organische phosphorhaltige Verbindungen, so genannte Phosphoramidate und Phosphonate. Die Empa-Forscherinnen und Forscher haben mehrere dieser Substanzen synthetisiert (die sich jeweils in der Art der am Phosphor hängenden Kohlenwasserstoffketten unterscheiden) und sie dem Polyurethanschaum in steigender Konzentration beigemischt. Erstes Ergebnis: Die Flammhemmer haben den Prozess der Schaumherstellung nicht beeinträchtigt.

62

Sekunden darf ein Polyurethanschaum im standardisierten horizontalen UL-94-Test höchstens brennen, um den Test zu bestehen. Zum Vergleich: Ohne Flammhemmer verbrennt der Schaum vollständig.



TCPP - tris (2-chloropropyl) phosphate

Neue Flammhemmer – besser und sicherer

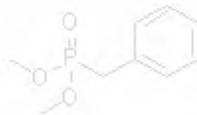
Danach führten die Forschenden verschiedene (standardisierte) Brennbarkeitstests mit den Schaumstoffen durch und verglichen deren Feuerresistenz mit dem «ungeschützten» Polyurethanschaum sowie mit einem TCPP-haltigen Schaumstoff. Fazit der Studie: Hängt ein ungesättigter Kohlenwasserstoff, ein «Allylrest», am Phosphor, dann sind sowohl Phosphoramidate als auch Phosphonate effiziente Flammhemmer – die sogar besser vor Feuer schützen als TCPP. Mit einem Gehalt von zehn Gewichtsprozent Flammhemmer lässt sich für beide Substanzklassen gar die bestmögliche Klassifizierung für Schaumstoffe erreichen – was mit herkömmlichen Flammschutzmitteln bislang nicht möglich war. Diese und einige weitere neue Flammhemmer – die inzwischen auch zum Patent angemeldet sind – sind also nicht nur sicherer, sondern erst noch besser als ihre halogenierten «Vorgänger».



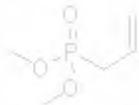
Benzyl phosphate



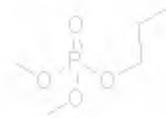
Benzyl phosphoramidate



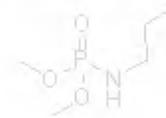
Dimethyl benzyl phosphonate



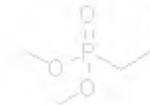
Dimethyl allyl phosphonate



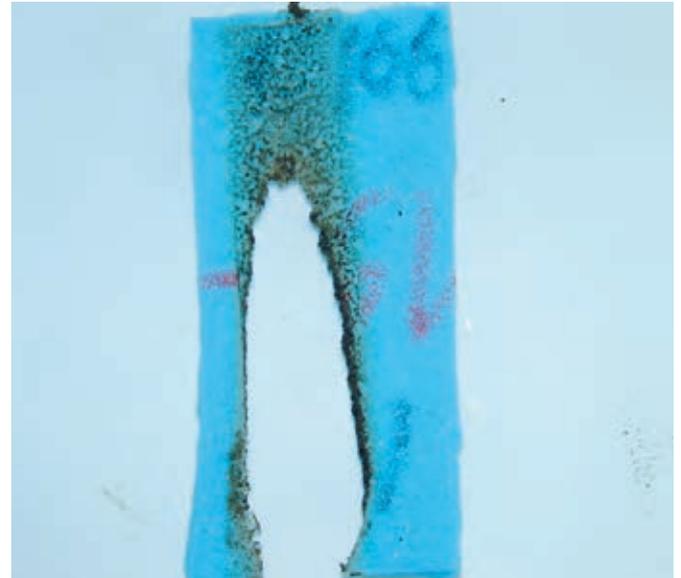
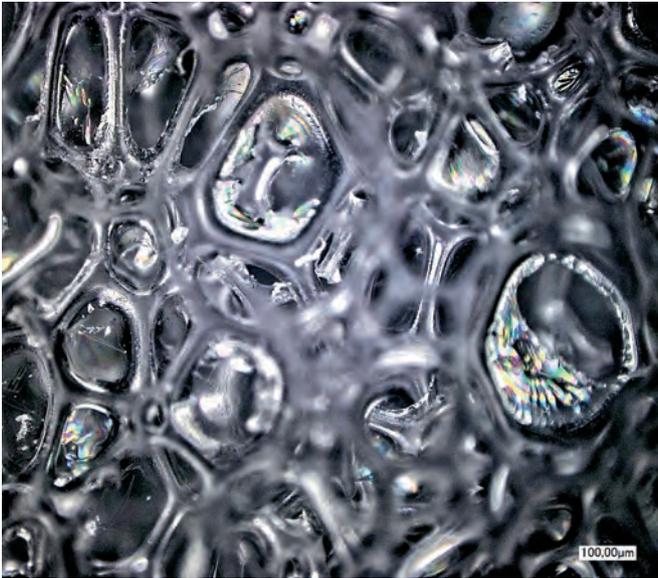
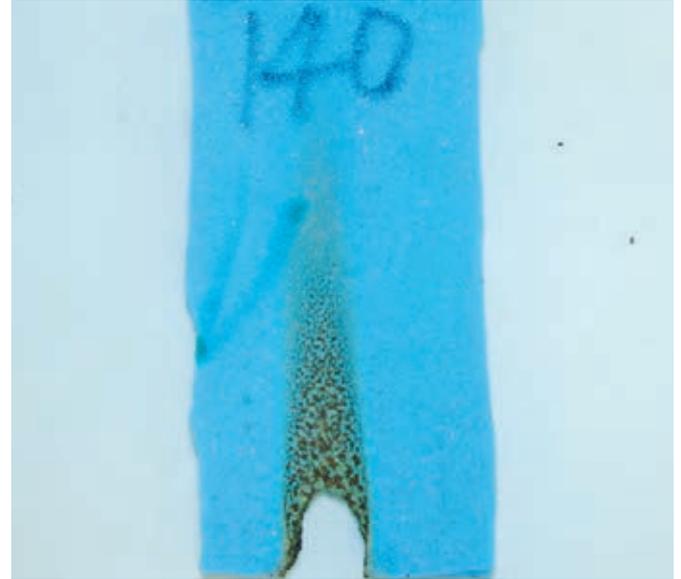
Dimethyl propyl phosphate



Dimethyl propyl phosphoramidate



Dimethyl propyl phosphonate



Polyurethanschaum unter dem Lichtmikroskop: Das Flammschutzmittel hat keinen Einfluss auf die Struktur des Schaums. Oben mit Flammschutzmittel, unten ohne.

Normierte Brennbarkeitstests zeigten, dass organische phosphorhaltige Verbindungen (oben) sogar besser schützen als die bisher üblichen schädlichen Substanzen wie TCPP (unten).

Mobilität von Patienten richtig einschätzen

Der Kostendruck im Gesundheitswesen und die Anforderungen an die Pflege steigen stetig. Damit wächst allerdings auch die individuelle Belastung, die Pflegenden zu bewältigen haben. Intelligente Lösungen, die das Pflegepersonal entlasten und Patientinnen und Patienten eine

1257 233

Hospitalisierungen wurden 2010 in der Schweiz gemäss Bundesamt für Statistik in Akutspitälern, psychiatrischen, geriatrischen und Rehabilitationskliniken registriert.

gleichbleibend hohe Pflegequalität garantieren, sind daher gefragter denn je. Im Juli 2012 brachte «compliant concept», ein Spin-off von Empa und ETH Zürich, das erste Produkt eines umfassenden Konzepts zur Mobilität- und Aktivitätsanalyse pflegebedürftiger Personen auf den Markt.

Elektronischer Assistent soll Wundliegen verhindern

Beim «Mobility Monitor» handelt es sich um eine unter der Matratze fixierte Messeinheit, die sowohl mit einem Displaygerät am Bettrand als auch mit einer Lichttrufanlage verbunden ist. Die Messeinheit erfasst und analysiert berührungslos, also ohne Kontakt zum Körper, feinste Bewegungen des Patienten, wertet diese aus und zeigt die gemessenen Werte auf einem kleinen Display am Bettende an. Bleiben Bewegungen über längere Zeit aus, wird das Personal alarmiert und verhindert dabei Komplikationen wie etwa das gefürchtete Wundliegen, in der Fachsprache Dekubitus genannt. Die Auswertung am Computer erlaubt es dem Personal zudem, die weitere Pflege effizient zu planen und zu dokumentieren. Da sich der «elektronische Assistent» auch bestens dafür eignet, das Schlafverhalten zu erfassen oder die Medikamentendosierung zu überprüfen, kann er nicht

nur in Pflegeheimen und Spitälern, sondern auch in Rehakliniken eingesetzt werden.

Bereits im ersten Quartal nach dem Verkaufsstart erzielte «compliant concept» mit Sitz im Empa-Technologiezentrum «glaTec» in Dübendorf über 50 Prozent mehr Umsatz als im Businessplan vorgesehen. Erste Kunden kauften bereits weitere Geräte nach, und einer der Schweizer Marktführer rüstete sämtliche seiner Seniorenresidenzen mit dem «Mobility Monitor» aus. Seit Anfang 2013 wird der «Mobility Monitor» auch in Deutschland vertrieben. Weitere Länder sollen folgen.

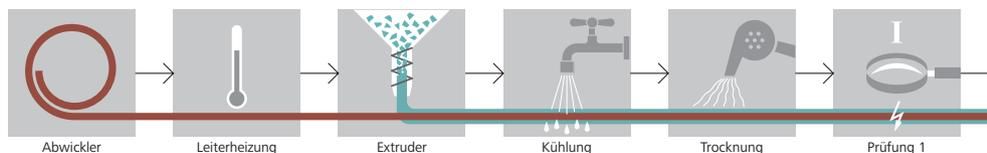
Neue Investoren gefunden

Geschäftsidee und Produkt haben auch Investoren überzeugt. «compliant concept» wird seit Dezember 2012 nicht nur von diversen Privatinvestoren unterstützt, sondern fand in der Lausanner Debiopharm Group, die Pharmazeutika entwickelt, und in der Zürcher Kantonalbank (ZKB) institutionelle Kapitalgeber. Das neu eingeschossene Kapital ermöglicht es dem jungen Unternehmen, weiter zu wachsen und ein komplettes Pflegebettsystem zu etablieren, das die Bewegungen eines gesunden Menschen während des Schlafs initiiert und so bettlägerige Patientinnen und Patienten stetig und sanft umlagert.



Der «Mobility Monitor» ist Teil eines intelligenten Pflegebettsystems zur Vorbeugung von Druckgeschwüren. Er zeigt im Ampelsystem, wie mobil die Patientin gerade ist.

«Ecofactory» sorgt für grüne Fabriken



Ökologisch *und* ökonomisch produzieren, das liess sich bisher nur schwer vereinbaren. Obwohl viele Unternehmen auf Nachhaltigkeit bei Transport, Vertrieb und Administration achten, blieb ein grosser Zweig bislang davon ausgeschlossen: die Produktionsprozesse. Abhilfe schafft das

von der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) geförderte Projekt «EcoFactory», in dem die Empa gemeinsam mit den Industriepartnern Taracell Schweiz, Huber+Suhner AG, Knecht&Müller AG sowie Chocolat Frey AG, Ökonomen der ETH Zürich und Informatikern der Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Berlin ein Computerprogramm entwickelt hat. Die weltweit einzigartige Software bildet nicht nur ökonomische Grössen ab wie Auslastung, Timing, Leerlaufzeiten – also die gesamte Wirtschaftlichkeit –, sondern modelliert und beurteilt

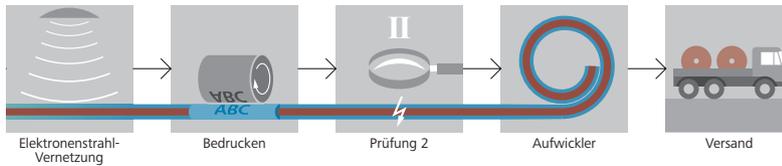
die einzelnen (simulierten) Produktionsschritte auch in punkto Nachhaltigkeit. Damit lassen sich ökonomische und ökologische Ziele in Einklang bringen.

Datenbank der Empa als Grundlage

Eines der Unternehmen, das die Produktionsprozesse optimieren möchte, ist Huber+Suhner AG. Klar ist aber auch: Eine grüne Fabrik, mit der sich nichts verdienen lässt, ist für Unternehmen kaum attraktiv. Kein einfaches Unterfangen also, denn nebst all den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen gilt es, Ökobilanzen, den Umgang mit Ressourcen, CO₂-Emissionen und die Entsorgung von Abfallstoffen zu berücksichtigen.

3500
Kilometer Hightechkabel wurden während
einer Produktionswoche bei Huber+Suhner
hergestellt – jeder einzelne Arbeitsschritt wurde
dabei im Sekundentakt festgehalten.

Oben: Funktionsschema einer Kabelfabrik.



Und genau da kommt die Empa ins Spiel. Mit dem fundierten Fachwissen der Empa-Forschenden zur Ökobilanzierung und der Datenbank «ecoinvent» fließen Informationen ein, mit denen sich dank neuester Modellierungstechniken präzise Prognosen erstellen lassen. Das ökonomische Modell wird direkt mit den Methoden und Daten zur Ökobilanzierung gekoppelt. So können die Betriebe feststellen, welche Maschinen im Produktionsprozess wie lange laufen und welche Materialien für einen bestimmten Fertigungsschritt notwendig sind. Die ökologische Dimension geht dabei weit über einfaches Energiesparen hinaus. Schadstoffemissionen, Ressourcenverbrauch und Abfallstoffe werden ebenfalls mitbilanziert.



Interesse von Seiten der Industrie

Die ersten Rückmeldungen sind durchwegs positiv, die Industrie zeigt grosses Interesse an «EcoFactory». Das Projekt hat also grosse Chancen, ein kommerzieller Erfolg zu werden. Die Vermarktung – auch im Ausland – ist derzeit in Planung. Dabei war die Arbeit mit den Industriepartnern eine grosse Hilfe. So gewannen die Forschenden Einblicke in die Möglichkeiten, aber auch in die Grenzen von «EcoFactory». Denn nicht überall macht das Programm Sinn; die Software nützt vor allem jenen Betrieben, die sich bereits aktiv um die Reduktion ihrer Umweltbelastung kümmern und in einem letzten Schritt die Produktionsprozesse ökologisch optimieren möchten. Betriebe, die über keinerlei Erfahrung im Bereich der umweltschonenden Technologien verfügen, sind mit dem Tool meist noch überfordert. Oft genügt es, die Stromrechnung zu studieren und die Maschinen auf ihre Effizienz zu prüfen. Aufgrund dessen können bereits grundlegende Anpassungen vorgenommen werden, die ohne detaillierte Analysen grosse Wirkung erzielen. Die Software gibt der ökologischen Ausrichtung eines Unternehmens dann den «letzten Schliff».

Der Prozesstechniker von Huber+Suhrer durchkämmt «seine» Fabrik nach energetischen Schwachstellen.

Quantenkaskadenlaser «erschnüffelt» Lecks in Spraydosen

Um Haarlack, Farbe oder Rasierschaum zu versprühen, wird in Spraydosen oft ein hochexplosives Propan-Butan-Gemisch als Treibgas verwendet. Damit sich beim Transport oder beim Kunden keine Unfälle ereignen, wird jede einzelne Spraydose während des Herstellungsprozesses in einem heissen Wasserbad auf undichte Stellen untersucht. Die Empa hat mit der Firma Wilco, Spezialist für Lecktestmaschinen im aargauischen Wohlen, nun eine neue, hochempfindliche und erst noch umweltschonende Technologie entwickelt, die das Treibgas in Sekundenbruchteilen detektieren kann.

10⁻⁶

**ist die Sensitivität des neuen Spraydosenschnüfflers:
Der darin enthaltene Quantenkaskadenlaser entdeckt ein
Teilchen Treibgas in einer Million Luftmoleküle.**

Dazu wird ein Verfahren der Gasanalytik mit Quantenkaskadenlasern benutzt, mit dem zum Beispiel auf dem Jungfrauoch erfolgreich die Isotopensignatur von CO₂ entschlüsselt wird.

Während es auf dem Jungfrauoch gilt, die verschiedenen Isotope sehr genau zu unterscheiden, musste der neue Spraydosendetektor «bloss» Spuren von Propan und Butan erkennen. Dies allerdings blitzschnell und hochempfindlich: Das neue Gerät mit einem Halbleiterlaser im mittleren Infrarotbereich sollte austretende Gase im ppm-Bereich – also ein Teilchen Treibgas in einer Million Luftmoleküle – innerhalb von einer Zehntelsekunde detektieren, und dabei günstiger sein als die Wasserbadmethode, so die Vorgaben des Industriepartners.

Unterstützt durch den Nationalen Forschungsschwerpunkt «Quantenphotonik» bauten die Empa und Wilco einen Demonstrator, der die Erwartungen bei Weitem übertraf. Ein neuartiger Fabry-Pérot-Quantenkaskadenlaser, der erst im März 2012 an der ETH Zürich entwickelt worden war, bildete das Herzstück. Im Gegensatz zu Laserdioden, wie sie zum Beispiel in der Te-

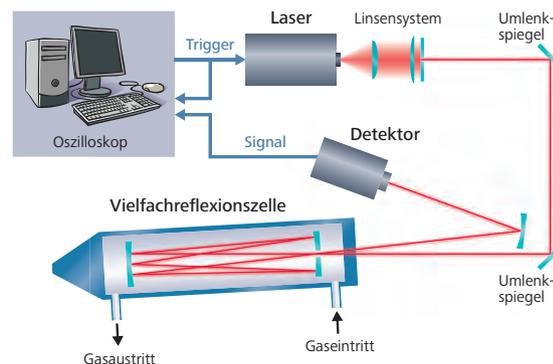


Die Empa baute mit Industriepartner Wilco einen Prototyp, der zeigt, wie schnell und zuverlässig mit Laserspektroskopie Spraydosen kontrolliert werden können.

lekommunikation verwendet werden, produziert der verwendete Quantenkaskadenlaser Licht mit einer Wellenlänge von 3 Mikrometern. Dieses eignet sich hervorragend für die Detektion organischer Stoffe wie Propan und Butan.

Die zu messenden Gasproben werden «abgesaugt» und in einer Messzelle vom pulsierenden Laserstrahl «beschossen». Sind bestimmte Moleküle, in diesem Fall Propan oder Butan, vorhanden, absorbieren diese das Laserlicht. Dies erkennt der Detektor, worauf innerhalb von weniger als einer Zehntelsekunde der Befehl gegeben wird, die lecke Dose auszuscheiden. Der Demonstrator

schafft es, anstatt der gewünschten 500 bis zu 900 Dosen pro Minute zu kontrollieren, und benötigt ausserdem – verglichen mit der traditionellen Wasserbadmethode – nur einen Bruchteil der Energie. Ein weiteres Plus: Mit dem «Wilcomat» lassen sich nicht nur Spuren von Propan und Butan erkennen, sondern auch viele andere organischen Substanzen in kleinsten Mengen, z.B. Pharmazeutika oder Lösungsmittel. Bereits ist das ultraschnelle Analysegerät zum Patent angemeldet, ein erstes Komplettsystem ist im Bau.



Erkennt der Detektor austretendes Gas, gibt das System innerhalb von weniger als einer Zehntelsekunde den Befehl, die lecke Dose auszuscheiden.

Das Analysegerät besteht aus einer Messzelle, in die Gasmoleküle von einem Laser «beschossen» werden, und einem Detektor, der den austretenden Laserstrahl auffängt.

Qualität von Beton verbessern – am Computer

Für rund fünf Prozent des weltweiten Ausstosses an Kohlendioxid (CO_2) ist die Zementherstellung verantwortlich. Dies, obwohl pro Tonne Zement viel weniger CO_2 freigesetzt wird als etwa bei der Produktion von gleich viel Stahl oder Aluminium. Das Problem ist die Menge: Weltweit werden jedes Jahr drei Milliarden Tonnen Zement produziert, Tendenz steigend.

50

Prozent Calcium-Silikat-Hydrat (C-S-H) und 20 Prozent Portlandit – dies sind die wichtigsten Produkte beim Abbinden von Portlandzement.

Abhilfe liesse sich schaffen, indem der CO_2 -Ausstoss bei der Zementherstellung vermindert wird, etwa durch das Verwenden von Ausgangsmaterialien mit einem geringeren Kohlenstoffanteil. Hielte das Bauwerk ausserdem noch länger (und müsste dadurch später abgebrochen werden), wäre dies ein weiterer Schritt zur CO_2 -Reduktion.

Beton mit geringerer CO_2 -Belastung

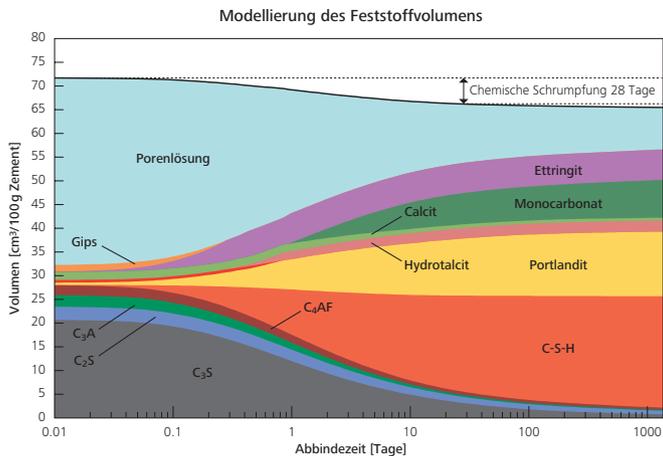
Beton – ein Gemisch aus Kies, Sand, Zement und Wasser – erhält seine Festigkeit durch die Reaktion des Zements mit Wasser. Während des Abbindens führt diese Reaktion zu neuen Festphasen und das Feststoffvolumen nimmt zu. Gleichzeitig verringert sich das Gesamtvolumen, da gebundenes Wasser in den Festphasen eine höhere Dichte aufweist. Die Empa forscht an verbesserten Zementarten. Da es, zumindest theoretisch, beliebig viele Zementzusammensetzungen gibt, benutzt sie ein am Paul Scherrer Institut (PSI) entwickeltes Computerprogramm, um die chemischen Reaktionen beim Abbinden vom Zement vorauszusagen. Dieses Simulationsprogramm mit dem Namen «Gibbs Energy Minimization Selektor» (GEMS), dient der thermodynamischen Modellierung von Stoffen. GEMS berechnet, wie sich Stoffe unter

gewissen Umständen und über die Zeit verhalten und verändern. «Füttert» man GEMS mit den Werten aus der umfangreichen Zementdatenbank der Empa, kann aus allen in der Datenbank erfassten Zementmineralien und -zusatzstoffen nun jede x-beliebige Mischung am Computer virtuell hergestellt werden. Ausserdem lassen sich deren Eigenschaften und Verhalten berechnen – sogar auf Jahre hinaus.

Tunnels, die länger halten

Denn Beton muss im Lauf der Zeit so einiges aushalten: Dringt etwa Bergwasser in Tunnels ein, dann reagiert das darin enthaltene Sulfat mit Beton zu Ettringit und Thaumasit. Diese zwei Mineralien erhöhen das Volumen der Festphasen und können so zu Expansion und Abplatzungen führen. Mit GEMS lässt sich bereits bei der Planung eines Bauprojekts ein Zementtyp evaluieren, der die Bildung von Ettringit und Thaumasit unter diesen Bedingungen minimiert. Wird beispielsweise dem Zement Flugasche beigemischt, macht diese ihn widerstandsfähiger gegen sulfathaltiges Wasser.

Mit Hilfe einer Datenbank und eines Thermodynamikprogramms lässt sich das Verhalten von Beton abschätzen und optimieren. So kann CO₂ eingespart werden, und das Bauteil hält erst noch viele Jahre länger. Bei Computersimulationen wie diesen ist die Empa weltweit führend.

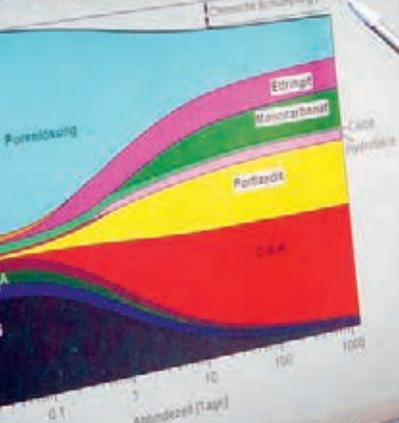


Die Zusammensetzung einer Probe ändert sich beim Abbinden des Betons. Die Computermodellierung hilft dabei, Eigenschaften der Baustoffmischung präzise vorauszusagen.

Das Simulationsprogramm zeigt auf, wie das Gesamtvolumen einer Probe während des Abbindens abnimmt.



Modellierung des Feststoffvolumens



NTNU

Nanozellulose – der nachwachsende Alleskönner

Simple Zellulose kann helfen, Holzoberflächen besser gegen Witterung zu schützen sie ist als Ersatzimplantat für Bandscheiben brauchbar, hält Lebensmittel frisch und filtert CO₂ aus der Atmosphäre. Die Holzforschung der Empa untersucht, wie das geht – und was sich mit Zellulose noch alles anstellen lässt.

1500

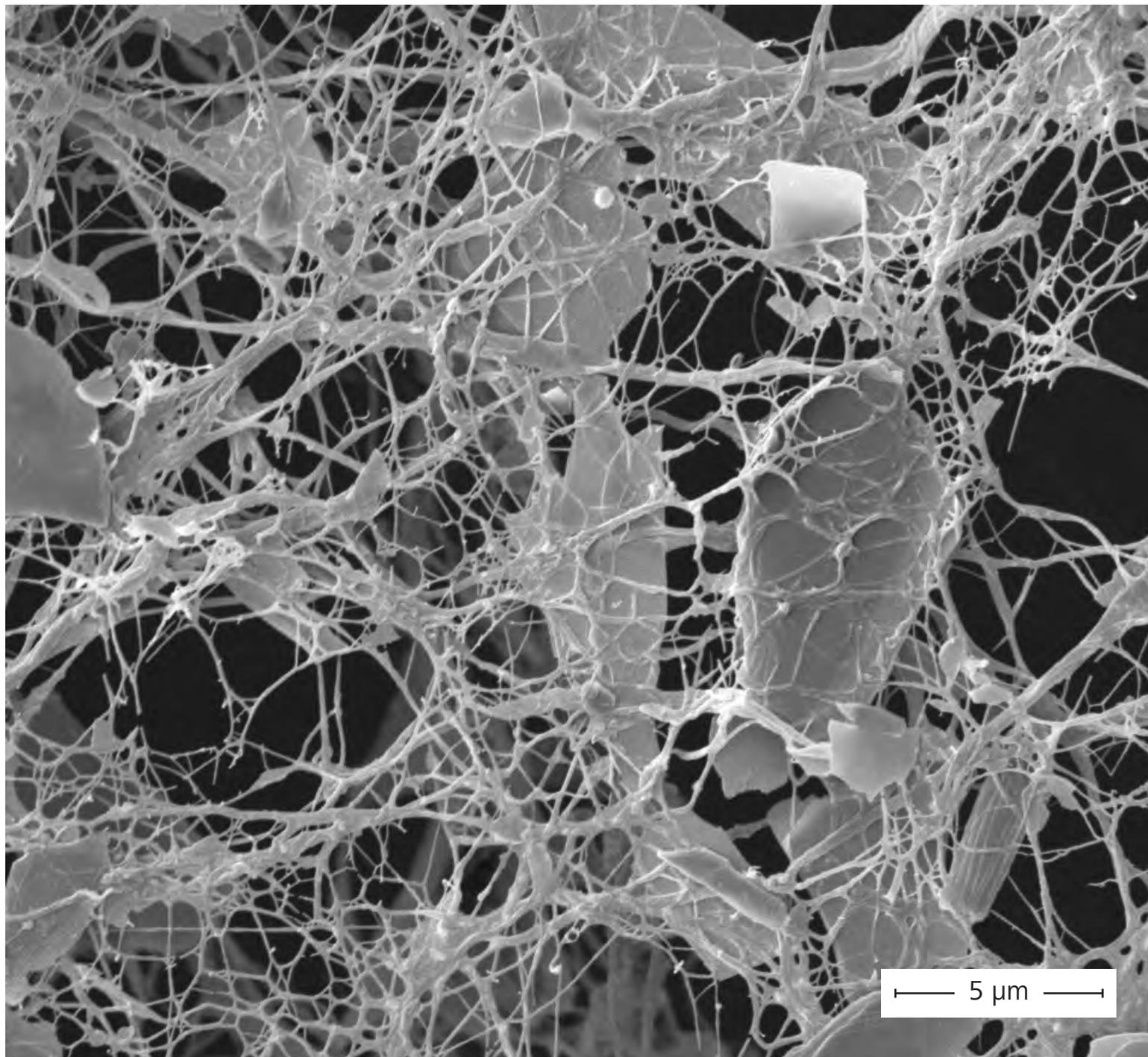
**Atmosphären Druck und feine Stahlkapillaren
verwandeln normale Zellulose in nanofibrillierte Zellulose
(NFC) – einen höchst begehrten, vielseitigen Stoff.**

Der Umbau von Massenware in ein vielseitiges Hightechprodukt beginnt – recht simpel – in einem Aluminiumtrichter, voll mit in Wasser eingeweichter Zellulose. Schläuche führen von diesem zu einer Hochdruckpumpe. Mit bis zu 1500 bar presst dieser Apparat die Zellulosefasern durch dünne, verzweigte Kapillaren – ein Hindernisparcours aus massivem Stahl. Das zarte Material zieht dabei den Kürzeren; das Ergebnis ist «nanofibrillierte Zellulose», abgekürzt NFC: winzige Flocken aus nanometerdünnen Fasern mit wundersamen Eigenschaften.

Vielseitig einsetzbar: Als Bandscheibenersatz...

Ein Beispiel: Man braucht nur ein bis zwei Gewichtsprozent dieser Substanz in Wasser einzurühren, und schon hat man ein stabiles Gel. Seit knapp zehn Jahren befasst sich die Forschungsgruppe der Empa-Abteilung «Angewandte Holzforschung» mit NFC und leistete zusammen mit anderen Forschungsinstitutionen weltweit Pionierarbeit. Inzwischen haben die Empa-Forschenden mit NFC bereits so einiges ausprobiert. So wurden die Fibrillen etwa zum Verstärken von Holzleim eingesetzt und zusammen mit der EPFL auf ihre Eignung als Ersatz-

Nanofibrillierte Zellulose mit Tonpartikeln im Elektronenmikroskop:
Der Ton ist in Form winziger «Partikel» in der Netzstruktur der Zellulose sichtbar.



material für den Gallertkern der Bandscheibe (den so genannten Nucleus pulposus) untersucht. An der Empa in St. Gallen wurden NFC-verstärkte Polymerfasern gesponnen, und die Start-up-Firma «Climeworks» extrahiert mit Hilfe von chemisch modifizierten NFC-Schäumen auf technisch elegante Weise CO₂ aus der Luft. Daraus könnten in Zukunft synthetische Treibstoffe (Synfuel) produziert werden.

Der Wunderstoff könnte uns zudem bald im Kühlschrank begegnen: Vermischt mit Tonpartikeln und heiss verpresst wird aus NFC-Gel eine Folie, die Wasserdampf und Luftsauerstoff zurückhält – ein ideales Barrierematerial für Lebensmittelpackungen. Vorteil des NFC-Ton-Films: Man kann ihn verbrennen und kompostieren, denn die Zellulosefibrillen sind biologisch abbaubar.

... und für Holzbeschichtungen

Nun rückt eine weitere Anwendungsmöglichkeit in den Fokus der Forschenden: die Verbesserung von Holzbeschichtungen. Kann ein aus Holz oder Stroh gewonnener Stoff tatsächlich mit-helfen, Holzoberflächen gegen Licht und Pilzbefall zu schützen? Dazu muss man wissen: Jede Holzbeschichtung verlangt Kompromisse. Denn je transparenter die Beschichtung, desto weniger lang schützt sie. Das Quellen und Schwinden des Holzes eröffnet ein weiteres Problem: Jede Beschichtung, welche mehrere Sommer und Winter halten soll, muss sich dem arbeitenden Holz flexibel anpassen. Wird die Farbe spröde, dann reisst sie – und das Holz ist Regenwasser und Mikroorganismen ausgeliefert.

Genau hier könnten NFC-Fasern helfen: In der Matrix der Fasern liessen sich UV-absorbierende Stoffe, etwa in Form von Nanopartikeln, einbetten. Und mit Hilfe dieser Fasergeflechte wären die Substanzen auch gleichmässig in der Farbe verteilt. Die bereits erprobte Reissfestigkeit der NFC-Fasern könnte zudem die Farbe verstärken und Risse in der Beschichtung verhindern. Erste Versuche zeigen, dass sich die mechanischen Eigenschaften von Beschichtungsfilmen durch Zugabe von NFC gezielt steuern lassen.



In einem Metalltrichter beginnt die Verwandlung von Zellulose ins Hightech-Produkt NFC.

Holz «funktioniert» an der Oberfläche

Holz ist ein schutzbedürftiges Baumaterial. Um es haltbarer zu machen, erfand der Mensch die Anstrichfarbe, später die Druckimprägnierung, noch später das bei Hitze «gebackene» Thermoholz. Nun bahnt sich eine weitere Erfindung den Weg aus dem Labor in die Praxis: Holz

12

Wochen lang waren die Fichtenholzproben aggressiven, holzersetzenen Pilzen ausgesetzt. Die mit Iod geschützte Probe überlebte die Tortur.

mit biologisch massgeschneiderten Oberflächen. Darin sehen Forschende der Empa-Abteilung «Applied Wood Materials» eine Chance, aus Holz mit all seinen «biochemischen Anschlussbuchsen» genau das zu machen, was man gerade braucht: klebefreundliche Oberflächen, Antipilzbeschichtungen – oder gar selbstklebende Holzspäne, aus denen hundertprozentig ökologische Faserplatten gepresst werden könnten, weitgehend ohne chemische Zusätze.

Zunächst ging es bei den Forschungsarbeiten darum, Schadpilze im Holz zu bekämpfen. Doch längst haben die Forschenden «den Spieß umgedreht»: Nun nutzen sie Enzyme wie die Laccase, die von Holz zersetzenden Weissfäulepilzen ausgeschieden wird, um damit die Oberflächeneigenschaften von Holz gezielt zu verändern. Das Enzym verwandelt die Wasserstoffgruppen des Holzbestandteils Lignin in Radikale – so wird die Oberfläche des Holzes reaktiv. Einer Funktionalisierung sind damit Tür und Tor geöffnet.

Holzschutz mit einem alten Hausmittel

Doch was kann man anfangen mit einer Holzoberfläche, die nun gewissermassen «offen für neue Ideen» ist? Da wären zunächst einmal Holzschutzmittel, die sich nun fest an der Oberfläche verankern lassen und so das nackte Holz besser vor dem Verrotten schützen. Gemein-

sam mit Kolleginnen und Kollegen aus der Empa-Abteilung «Bio-materials» entwickelten die Forschenden etwa eine Methode, Holz durch eine Laccase-katalysierte Oxidation von Iodid (I-) zu Iod (I₂) und gleichzeitiger Iodierung des Ligninbestandteils des Holzes langfristig antimikrobiell «auszurüsten». Iod-Lösungen sind günstige Biozide, die gegen eine Vielzahl von Mikroorganismen wie Bakterien, Pilze und Viren schützen. Versuche mit aggressiven Pilzschädlingen brachten die Bestätigung: Während unbehandelte Testkörper nach zwölf Wochen stark zerfressen

waren, hatten die behandelten Holzproben den Pilzen standgehalten.

Holzfaserplatten, ganz ohne Chemie

Mit dem Experiment war gleich zweierlei bewiesen: Durch die Laccasebehandlung lassen sich tatsächlich brauchbare Mengen eines Stoffs chemisch an die Holzoberfläche binden. Andererseits sind mit Hilfe von Laccase auch klebstofffreie Faserplatten machbar. Wenn vorbehandelte – gewissermassen radikal-aktive –

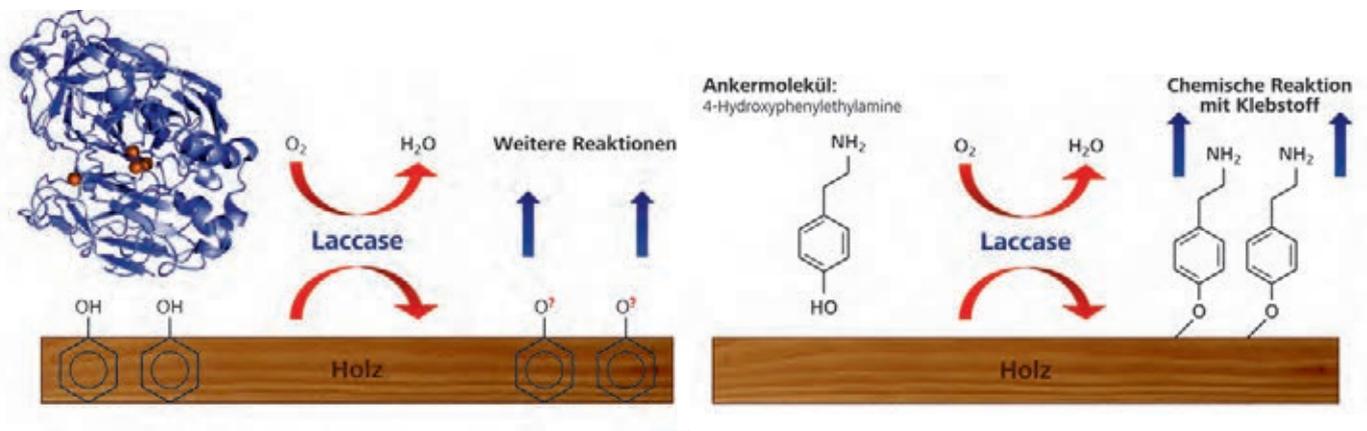


Links eine behandelte, rechts eine unbehandelte Holzprobe im Vergleich.

Holzfasern verpresst werden, können sie chemische Verbindungen mit benachbarten Holzfasern eingehen. Dadurch wären so genannte «Faserdämmstoffplatten» weitgehend ohne chemische Bindemittel wie Harze oder Isocyanate machbar. Inzwischen sind die Empa-Forschenden auf der Suche nach einem Industriepartner, mit dem sie zunächst einmal die antimikrobielle Holzbehandlung zur Marktreife weiterentwickeln möchten.

Vor den Laccasen selbst braucht man sich übrigens nicht zu fürchten: Die Proteine sind biologisch abbaubar, für Mensch und Tier

ungiftig und verursachen auch bei Hautkontakt keinerlei Probleme. Ein weiteres Plus: Sie verrichten ihre Arbeit am Holz bei Raumtemperatur – ohne vorherigen Einsatz von Säuren und Laugen.



Das Prinzip der Enzymbehandlung: Die Laccase nutzt chemische «Andockstationen» auf der Holzoberfläche und macht Holz auf diese Weise reaktiv.

Harte Schale – flüssiger Kern

Schutzkleidung ist heutzutage unerlässlich. Sei es im Sport, Verkehr oder im Beruf. Doch sie ist oft schwer und starr und schränkt die Bewegungsfreiheit ein. Eine vollkommen neue Faser mit einem Flüssigkern verspricht Abhilfe. Empa-Forschende wollen daraus die Schutzkleidung der Zukunft entwickeln. Die ganz spezielle Faser, die dies ermöglichen soll, behindert zwar langsame Bewegungen keineswegs, versteift sich aber blitzschnell bei ruckartigen Bewegungen oder einem Aufprall. Ihr flüssiger Kern ist gefüllt mit so genannten dilatanten Flüssigkeiten. Sie sind der Schlüssel für das Projekt der Empa-Abteilung «Advanced Fibers».

500

Mikrometer dünn sind die verschiedenen Filamente mit dem flüssigen Kern im Durchschnitt, die bereits im Labor hergestellt worden sind.

Durch dick und dünn

Die Grundidee des vom Nationalen Forschungsprogramm «Intelligente Materialien» (NFP 62) geförderten Projekts «Rheocore» ist es, eine Polymerhohlfaser zu spinnen, die eine solche dilatante Flüssigkeit enthält. Knickt oder biegt sich das Filament, wird die Flüssigkeit im Inneren durch Engstellen in den Kanälen gedrückt. Die Flüssigkeit reagiert auf diese plötzlich auftretenden Scherkräfte und wird zäh. So versteift sich das Filament, und die Bewegung wird abgedämpft. Langsame Bewegungen bleiben dagegen möglich, weil dann die Füllung dünnflüssig bleibt.

Kontakt

Dr. Rudolf Hufenus
rudolf.hufenus@empa.ch

Dr. Laura Gottardo
laura.gottardo@empa.ch

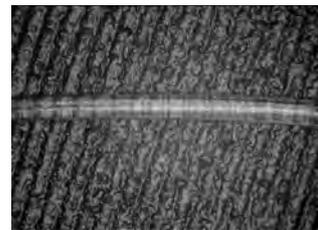
In einem ersten Schritt erstellte das Team ein Labormodell, um die Vorgänge bei der Herstellung der «Faser mit Füllung» besser zu verstehen. Der flüssige Kern muss zeitgleich mit der festen Polymerhülle «eingespritzt» werden, und die gewünschte Hohlraumstruktur muss sich im selben Moment bilden. Diesen Vorgang stellten die Empa-Forschenden im Laborversuch nach. Die Schwierigkeit bestand darin, die richtige Form des Hohlraums für die dilatante Flüssigkeit zu erzeugen.

Hohlraum ist nicht gleich Hohlraum

Einzelne, voneinander separierte Tropfen funktionieren nicht, denn die Flüssigkeit kann dann bei einer Belastung des Filaments nicht verdrängt werden; der Hohlraum muss sich also durchgängig wie ein Höhlensystem durch die Faser ziehen. Aber auch mehrere miteinander verbundene Kammern in Form einer «Per-

lenkette» sind nicht brauchbar, da die Form zu regelmässig ist. Ideal sind Hohlräume, die sich unregelmässig verzweigen und wieder erweitern – nur so kann man die gewünschten Scherkräfte in der Flüssigkeit erzeugen.

Mittlerweile ist es dem Projektteam gelungen, eine flüssigkeitsgefüllte Faser herzustellen. Nun gilt es, das Filament und vor allem das Innere besser zu verstehen. Unter dem Mikroskop ist es schwierig, den verborgenen Kern der Faser zu beobachten. Mit dem Computertomografen (CT) lässt sich indes die Polymerfaserhülle vom inneren flüssigen Kern unterscheiden. Erste Ergebnisse sind viel versprechend. Jetzt ist das Team daran, mögliche Projekte zu evaluieren, in welchen die «Rheocore»-Faser auch im Alltag und in Industrie zum Einsatz kommen könnte. Erste Gespräche mit möglichen Partnern sind bereits im Gange. Das Potenzial ist in jedem Fall riesig.



Die «Rheocore»-Faser kann mit verschiedenen Flüssigkeiten gefüllt werden: zwei Faserproben unter dem Mikroskop.

Eine Forscherin experimentiert im Labor mit den verschiedenen Flüssigkeiten.

Textilimplantate zur Muskelregeneration

Schädigungen am Herzmuskel, etwa nach einem Infarkt, könnten vielleicht bald geheilt werden. Den Grundstein dafür legt ein Forschungsprojekt der Empa in Zusammenarbeit mit der Universität Fribourg und dem Inselspital Bern. Ziel ist eine neue Methode, um Muskel- oder

12

Nanometer dick (bzw. dünn) ist die Polymerschicht, die auf das Vlies aufgetragen wird und auf dem lebende Zellen herangezüchtet werden können.

Stammzellen auf gesponnenen Textilien zu kultivieren und anschliessend ins geschädigte Gewebe zu implantieren. Das soll helfen, erkranktes Herzmuskelgewebe zu regenerieren, zum Beispiel nach Herzinfarkten – nach wie vor eine der Haupttodesursachen in industrialisierten Ländern.

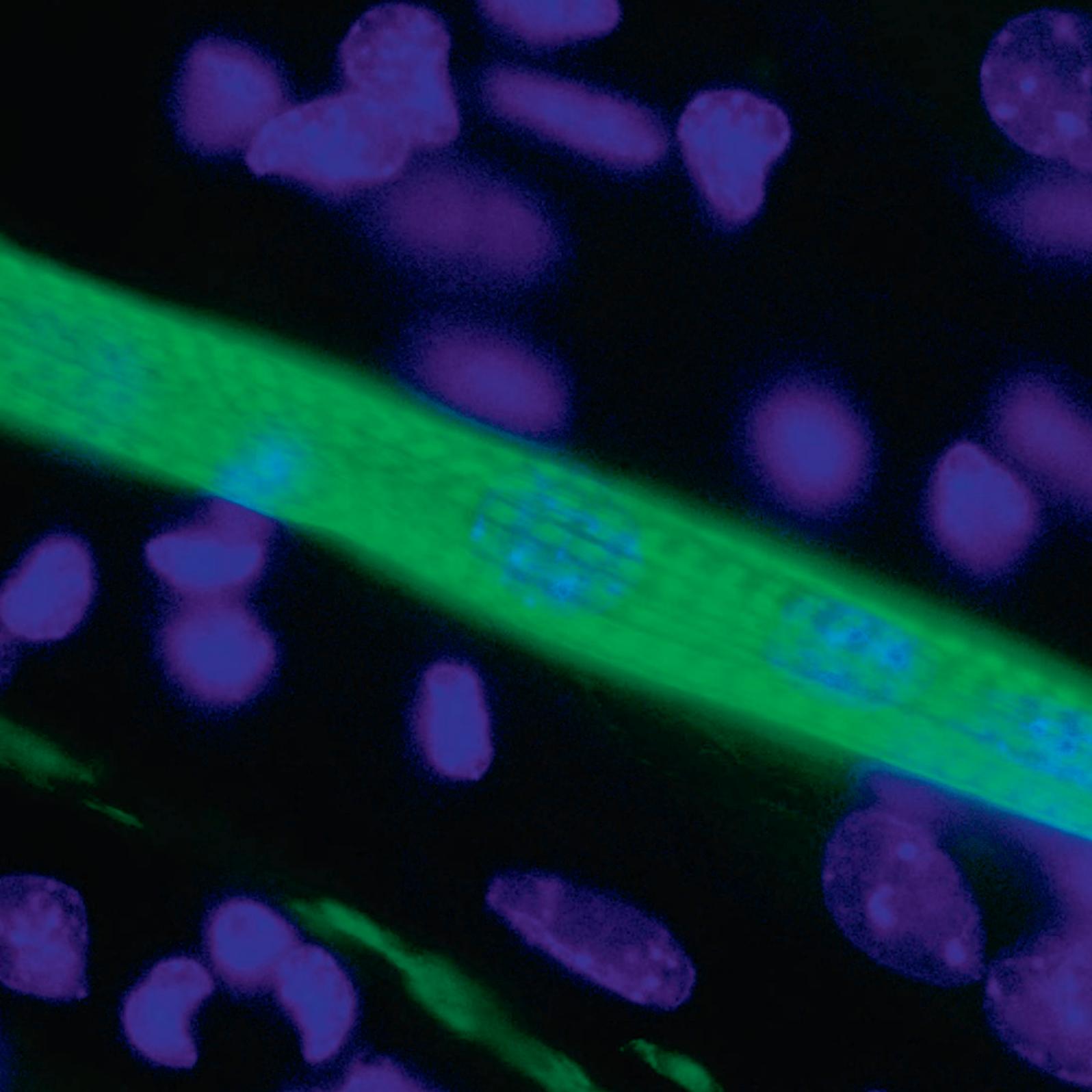
Grundlage für die «zellfreundlichen» Textilien ist das so genannte Elektrosponningverfahren. Biopolymere werden zu nano- respektive mikrometerdünnen Fasern versponnen. Dabei läuft

aus einer dünnen Kanüle eine Polymerlösung in ein elektrostatisches Feld. Je nach Viskosität der Lösung lassen sich dann durch die angelegte elektrische Spannung Fäden daraus ziehen. Im unteren Teil der Spinnapparatur verwirbeln sich die Fäden chaotisch und lagern sich in Form eines grossflächigen, flachen Vlieses aus ultrafeinen Polymerfäden auf der Bodenplatte ab.

Dünne Schicht zur Zellkultivierung

Um das Vlies mit Zellen zu kultivieren, wird es durch Plasma beschichtet. Das bedeutet: Je nach Verwendungszweck wird eine weitere Polymerschicht aufgetragen. Diese Schicht ist nur wenige Nanometer dick und hat zum Ziel, die Oberflächencharakteristik des Vlieses zu verändern, nicht aber grundlegende Eigenschaften wie Stabilität und Reissfestigkeit. Die For-

Fluoreszenzmikroskopische Aufnahme von Muskelzellen auf elektrosponnenen Fasern (blau: Zellkern, grün: Myosin, eines der Motorproteine von Muskelzellen).



Kontakt

Dr. Anne Géraldine Guex
geraldine.guex@empa.ch

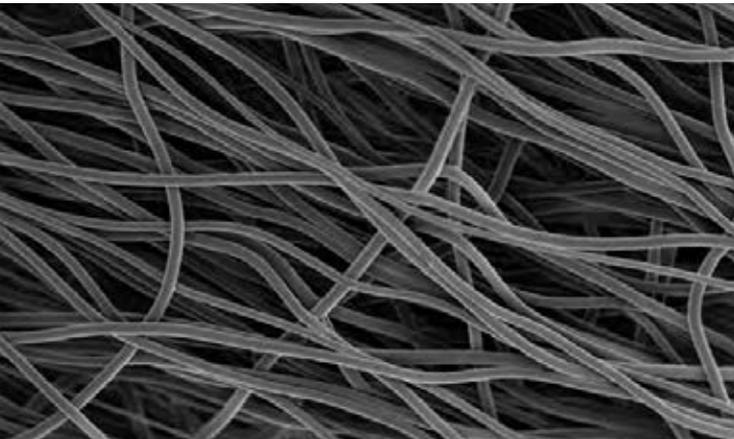
Dr. Giuseppino Fortunato
giuseppino.fortunato@empa.ch

schung der Empa hat gezeigt, dass eine Beschichtung mit Ethen (C_2H_4) und Kohlendioxid (CO_2) optimale Eigenschaften für das Kultivieren von Zellen liefert. Die so erzeugten Schichten sind äusserst stabil, lassen sich leicht reproduzieren und werden vom Immunsystem toleriert.

Empa als Spezialistin für Elektrosponning

Das interdisziplinäre Forschungsprojekt hat bereits wichtige Hinweise zur Interaktion von Fasermaterialien mit Zellen geliefert und zeigt viel versprechende Ansätze im Hinblick auf eine neue Therapie. Bis damit erste Infarktpatienten behandelt werden können, müssen allerdings noch einige offene Fragen beantwortet werden, wie etwa der richtige Zeitpunkt der Implantation und grundlegende Mechanismen der herzeigenen Regeneration.

Die Empa entwickelt auch für andere Anwendungsbereiche funktionale Fasern mittels Elektrosponning. Solche Produkte sind Aufgrund der kleinen Faserdurchmesser und der hohen Porosität der Vliese vielseitig einsetzbar: in Form von Wirkstoff abgebenden Wundpflastern, als zellbewachsene Implantate, als atmungsaktive Membranen in Hochleistungsbekleidung oder als Katalysatoren in Filtern.



Rasterelektronenmikroskopie-Aufnahme von elektrogesponnenen Fasern.

Selbst ist der Asphalt

Belagsanierungen auf Schweizer Strassen kosten nicht nur viel Geld, sondern auch die Nerven tausender Autofahrer. Staus und Verkehrsbehinderungen aufgrund von Baustellen sind an der Tagesordnung. Zeit für die Empa, sich dieses Problems anzunehmen und an einem Belag zu tüfteln, der sich einfacher reparieren lässt und deutlich langlebiger sein soll.

15–20

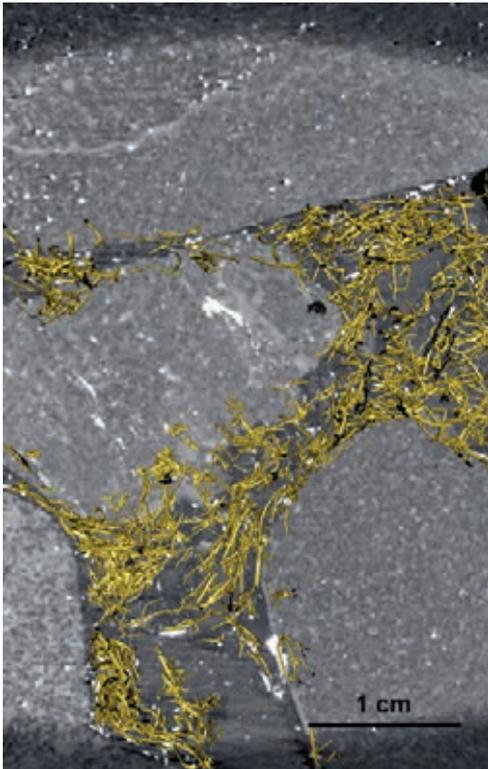
**Jahre Verkehrsbelastung simuliert
der Empa-Strassentester – in weniger als einer Woche.**

Strassenbeläge sind täglich grossen Belastungen ausgesetzt. Temperaturunterschiede, aggressive chemische Substanzen und Streusalz sorgen dafür, dass der Strassenbelag spröde wird und sich Risse bilden. Diese wiederum füllen sich mit Wasser, das bei Minustemperaturen gefriert und sich ausdehnt. So wird die Strasse im Zeitlupentempo zerstört und benötigt nach 15 bis 20 Jah-

ren eine Komplettsanierung. Die entstandenen Risse werden zwar laufend geflickt, die Asphaltpflaster können den Schädigungsprozess jedoch nicht aufhalten. Denn sobald die Risse von blossen Auge zu sehen sind, ist es für den Strassenbelag bereits zu spät.

Bitumen, eine klebrige Lösung

Die Lösung der Empa-Forschenden von der Abteilung «Strassenbau/Abdichtungen»: Die Risse verschliessen, wenn sie noch mikroskopisch klein sind. Aber wie? Die Forscher nutzen dazu die Eigenschaft von Bitumen. Das komplexe Gemisch langkettiger Kohlenwasserstoffe funktioniert wie Leim: Es verklebt Gestein und Sand zu Asphalt. Diesem Kleber mischen die Empa-Forschenden feinste Stahlwollefasern bei. Tauchen nun im neuen Belag die ersten Mikrorisse auf, folgt eine Oberflächenbehandlung mit einem Induktionserhitzer. Wie ein Induktionsherd



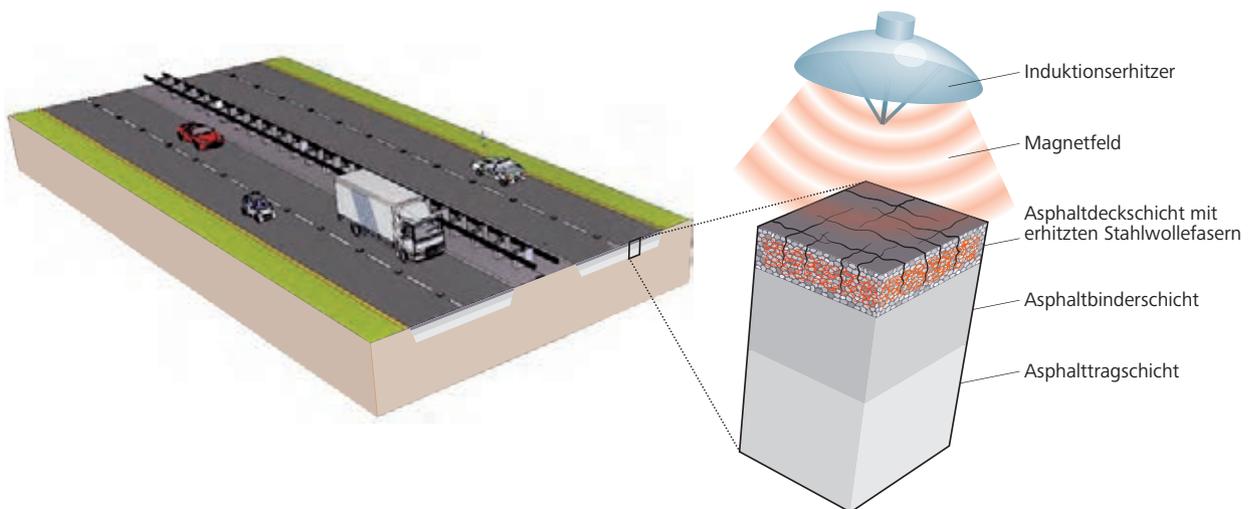
in der heimischen Küche erzeugt dieses Gerät elektromagnetisch induzierte Wechselströme, die in den Metallfasern in Wärme umgewandelt werden. Die Stahlwolle wird heiss, erhitzt das Bitumen, und der Asphalt beginnt bei 80°C «schmelzen». Beim Abkühlen verfestigt er sich wieder zu einer geschlossenen Masse. Er heilt sich also (fast) von selbst.

Stahlwollefasern im Asphalt bewirken, dass die Strassen-deckschicht sich praktisch selber «heilt».

Spezielle Mischung für die Schweiz

Zurzeit wird das Verfahren zusammen mit der Technischen Universität Delft auf holländischen Strassen getestet. 300 Meter Autobahn wurde mit dem speziellen Asphalt versehen, seit zwei Jahren rollt der Verkehr über den Testabschnitt. In etwa 12 bis 13 Jahren wird der Belag mittels Induktionserhitzer «aufgefrischt», deutlich früher als bei Schweizer Strassen. Das liegt daran, dass die Strassen Hollands anders beschaffen sind als hierzulande. Daher können die Erkenntnisse aus Holland auch nicht einfach auf die Schweiz übertragen werden. Die richtige Asphaltmischung für die Schweiz müssen die Forscher also erst noch her-

ausfinden. Dazu steht an der Empa ein Mixer, der wie eine Teigmischmaschine funktioniert. Darin mischen die Forschenden Asphaltproben, indem sie in variierender Reihenfolge Gestein, Sand, Bitumen und Stahlwollefasern hinzugeben. Im nächsten Schritt soll ein damit asphaltierter Strassenabschnitt mit dem Strassentester der Empa malträtiert werden. Im Zeitraffer versteht sich, damit es etwas schneller geht als 20 Jahre, bis der Belag zum ersten Mal wieder «in Form» geschmolzen werden muss.



Dank feinsten Stahlwollefasern in der Deckschicht kann diese durch Induktion erhitzt werden. Kleine Risse «schmelzen» dadurch einfach wieder zusammen.

Ganz schön CLEVER – ein Erdgas-Hybrid mit Schaltgetriebe

Bei der Forschung und Entwicklung von Gasmotoren spielt die Empa seit über einem Jahrzehnt eine wichtige Rolle. So entstand in den Motoren-Labors in Dübendorf eines der weltweit ersten Erdgas-Turboautos, das die Potenziale dieses Treibstoffs hinsichtlich CO₂- und Schad-

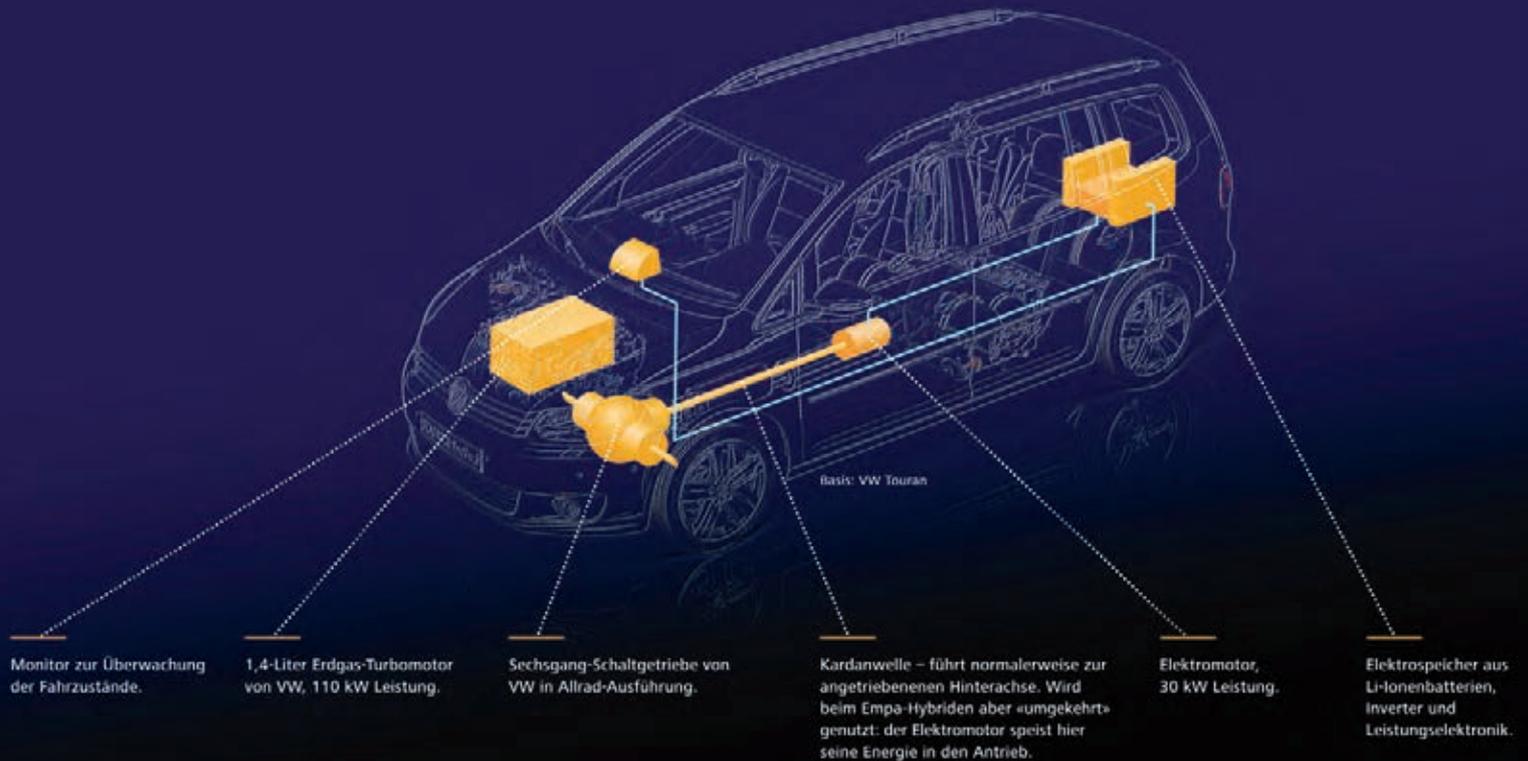
stoffminderung eindrücklich demonstrierte. Inzwischen sind turboaufgeladene Gasmotoren auf der Strasse angekommen: VW, Opel und Fiat bieten sparsame, zuverlässige und kraftvolle Erdgas-Turbomotoren an. Umweltfreundliche Gasmotoren sind jedoch nicht nur für Personenwagen gefragt, sie geraten zunehmend ins Blickfeld von LKW-Herstellern und werden im Stationärbetrieb in Blockheizkraftwerken eingesetzt. Auch auf diesen Gebieten engagiert sich die Empa.

45

Prozent CO₂ kann ein Erdgas-Hybridauto im Vergleich zu herkömmlichen Benzinfahrzeugen einsparen ohne die Lebenszykluskosten zu erhöhen.

Das aktuelle Projekt widmet sich noch einmal dem Personenwagen: Die Motorenexperten haben auf der Basis eines VW Touran ein Erdgas-Vollhybridfahrzeug mit Schaltgetriebe aufgebaut – eine bislang einzigartige Kombination. Für die Ingenieure der Empa-Abteilung «Verbrennungsmotoren» hat der Wagen mit Schaltgetriebe den Vorteil, dass ein solcher Hybridantrieb vergleichsweise kostengünstig aufgebaut werden kann. Doch der Wagen ist nicht nur trockenes Forschungsobjekt, sondern folgt einer Vision, die auch Autohersteller aufmerken lassen wird: Im Vergleich zum Benzinbetrieb emittiert der Hybridantrieb 40 Prozent weniger CO₂, wenn er mit rein fossilem Erdgas betrieben wird. In der Schweiz erreicht das Fahrzeug aufgrund der klimaneutralen Beimischung von Biogas gar eine CO₂-Reduktion von 45 Prozent. Interessant dabei ist, dass die Lebenszykluskosten gegenüber einem reinen Benzinfahrzeug

So funktioniert der CLEVER – Hybridtechnik im Röntgenbild



nicht ansteigen und bei Vielfahrern sogar abnehmen. Dies wiederum ist insbesondere für Flottenbetreiber interessant, denn diese interessieren sich nicht allein für den Einstandspreis des Wagens, sondern für die Gesamtkosten über dessen gesamte Lebensdauer, «Total Cost of Ownership» (TCO) genannt.

Zusammenarbeit mit der ETH Zürich

Statt das ganze Modell nur theoretisch durchzurechnen, entschied sich das Projektteam, ein echtes Fahrzeug zu bauen, das auch gefahren werden kann. Als Partnerin ist die ETH Zürich mit an Bord: Die Forschungsgruppe von Konstantinos Boulouchos erforscht die Grundlagen von Verbrennungsprozessen, indem sie das Strömungs- und Verbrennungsverhalten von Treibstoffen im Zylinder am Computer simuliert; die Gruppe von Lino Guzzella liefert die theoretischen Grundlagen für die optimale Auslegung und Regelung des Hybridantriebs. Und die Industriepartner Volkswagen und Bosch sorgen mit Grossserientechnik und Prototypenbauteilen dafür, dass das Versuchsauto namens CLEVER auf die Räder gestellt werden konnte.

Bordcomputer sorgt für Effizienz

Bei einer Testfahrt stellt sich heraus, dass es ein bisschen Gewöhnung braucht, bis man die Philosophie des Autos verinnerlicht und den eigenen Fahrstil angepasst hat. Der Bordcomputer wählt die Betriebsarten so, dass der Erdgasmotor immer im energieeffizientesten Bereich läuft und die Batterie eine ausgeglichene Ladebilanz hat. Doch maschinelle Kenngrößen allein genügen nicht: Die subjektiven Eindrücke wie Fahrbarkeit und Akustik müssen von Menschen bewertet werden. Und hier liegt der wahre Sinn von CLEVER: Das Versuchsauto mit Erdgas-Hybridantrieb soll nicht nur die neue Technik erforschen helfen, sondern auch zeigen, ob Testpersonen ohne Ingenieurstudium damit zurechtkommen.

CLEVER – das Erdgas-hybrid-Forschungsauto der Empa auf der Basis des VW Touran: Monitor zur Überwachung der Fahrzustände (rechts).



Future Mobility

Der Zeitplan für die Energiewende verlangt nach rasch umsetzbaren Forschungsergebnissen. Um wissenschaftliche Erkenntnisse in marktfähige Innovationen umzuwandeln, sind entsprechende Forschungs- und Technologieplattformen notwendig. Die Empa baut zurzeit eine derartige Plattform für den Sektor Mobilität auf, der für knapp einen Drittel des Schweizer Energieverbrauchs verantwortlich ist: Im so genannten «Future Mobility»-Demonstrator lassen sich neuartige und gleichzeitig nachhaltige Treibstoffe wie Wasserstoff, Synfuel (synthetisches Erdgas bzw. Benzin) und Hythan (eine Mischung aus Erd-/Biogas und Wasserstoff) herstellen und im praktischen Fahrbetrieb testen. Diese Energieträger – durch Fotovoltaik, aus Windkraft und Überschussstrom gewonnen – sind einfach zu speichern und lassen sich für verschiedene Fahrzeugtypen in optimierten Antriebskonzepten nutzen.





«Future Mobility»: Welchen Treibstoff tanken wir in Zukunft?

«Energiewende» ist nicht nur das neue Schlagwort bei der Stromerzeugung, sie spielt auch eine wichtige Rolle in der Mobilität. Saubere, erneuerbare Treibstoffe, effiziente Antriebe und leichtere Fahrzeuge sind entscheidend, wollen wir die hoch gesteckten CO₂-Ziele in der Mobilität von morgen erreichen. Ein Gebiet, in dem die Empa seit längerem aktiv forscht, entwickelt sie doch unter anderem effizientere Brennverfahren für Verbrennungsmotoren sowie neuartige Batterietechnologien und liefert neue Ideen für die Herstellung alternativer Treibstoffe.

20

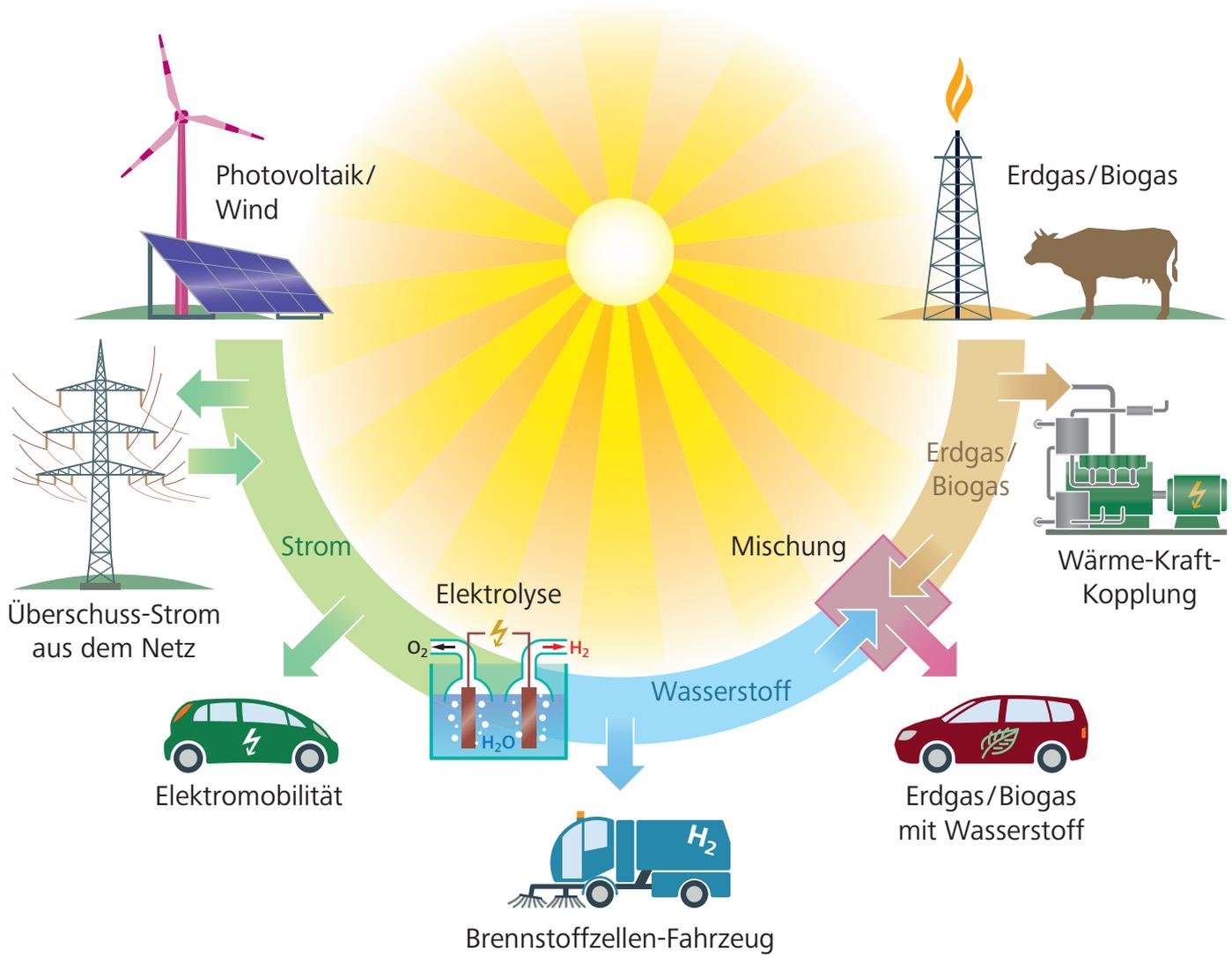
Prozent der Fahrzeuge (die so genannten Vielfahrer) sind für 45 Prozent der Fahrleistung bei Personenwagen verantwortlich.

Das Auto wird grün

Zunächst geht es um die Frage: Wie sieht der Treibstoff der Zukunft aus? Die Forschung der Empa in diesem Bereich orientiert sich dabei an neusten

Erkenntnissen aus Mobilitätsstudien, den Marktbedürfnissen und der Energiestrategie des Bundes. Mikrozensus-Studien zum Mobilitätsverhalten von Herrn und Frau Schweizer zeigen beispielsweise, dass knapp die Hälfte der Fahrleistung durch die rund 20 Prozent Vielfahrer verursacht wird, also Menschen, die jährlich mehr als 20 000 Kilometer mit dem Auto zurücklegen. Und Marktanalysen belegen, dass Mittelklassefahrzeuge wie Kombis und Minivans rund 50 Prozent des Marktes ausmachen. Daher stehen «vielfahrer-taugliche» Erdgas/Biogas-Elektrohybridantriebe mit Reichweiten über 600 Kilometer im Zentrum der Antriebsforschung; solche Antriebe eignen sich geradezu ideal für Mittelklassefahrzeuge, machen die Motoren erheblich effizienter und stossen deutlich weniger CO₂ aus. Denn auch wenn fossile Energieträger nach wie vor in ausreichender Menge zur Verfügung stehen, eines ist klar: Erneuerbare Energie wird

Das Auto als «Allesfresser».



künftig auch in der Mobilität eine zunehmend wichtigere Rolle spielen – nicht zuletzt, weil immer mehr Konsumenten dies von ihren Fahrzeugen verlangen.

Überschüssige Elektrizität nutzen

Eine viel versprechende Möglichkeit besteht darin, den zeitweiligen Überschuss an erneuerbarer Energie, der mit einer verstärkten Einbindung grosser Solar- und Windkraftanlagen künftig in grossen Mengen anfallen wird, in speicherbare Energieträger wie Wasserstoff umzuwandeln und als Treibstoff einzusetzen, alleine oder zusammen mit Erdgas/Biogas. Genau dies ist das Ziel der geplanten Empa-Demonstrationsplattform «Future Mobility», die aus überschüssigem Strom Wasserstoff erzeugen soll, der dann in verschiedenen Antriebskonzepten genutzt werden kann. «Future Mobility» kombiniert dazu drei Energiequellen, die je nach Tageszeit (und damit Auslastung des Stromnetzes) unterschiedliche Beiträge zum Betrieb der Testflotte leisten:

- Strom aus Solar- und Windenergie bzw. aus Blockheizkraftwerken
- Überschusselektrizität aus dem Stromnetz
- Erdgas/Biogas

Konkret heisst das: «Future Mobility» nutzt den Strom aus einer grossen Fotovoltaikanlage wenn immer möglich direkt, um die Batterien von Elektrofahrzeugen zu laden. Sind die Elektrofahr-

zeuge unterwegs, wird mit dem Solarstrom Wasserstoff erzeugt. Dieser kann dann entweder «pur» ein Brennstoffzellenfahrzeug antreiben oder aber nach bis zu 25-prozentiger Beimischung zu Erdgas/Biogas von Erdgasfahrzeugen getankt werden. Schöner Nebeneffekt: Das Erdgas/Biogas-Wasserstoffgemisch macht den Gasmotor effizienter und sauberer, der CO₂-Ausstoss (der in Gasfahrzeugen ohnehin schon um 25 Prozent geringer ist als in einem vergleichbaren Benziner) reduziert sich nochmals merklich.

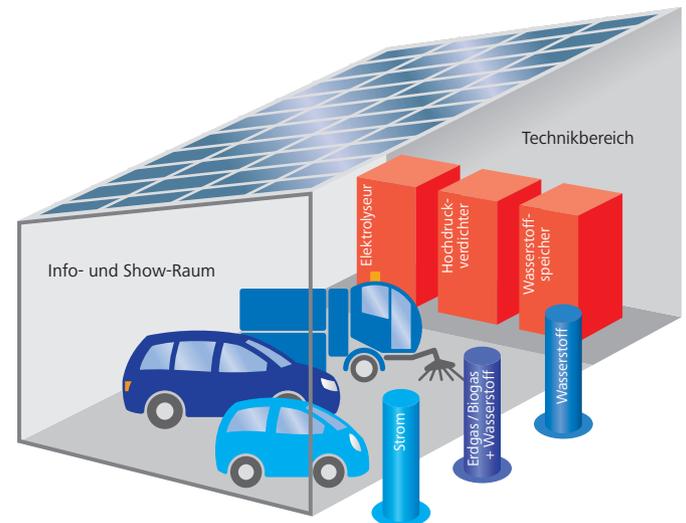
Eine ökologische Gesamtlösung

«Future Mobility» kombiniert verschiedene Ansätze zu einem wesentlich nachhaltigeren Gesamtkonzept. Die Realisierung des Demonstrators als skalierbare und praktisch nutzbare Anlage generiert neues Wissen, einerseits über die Kopplung des Elektrizitätsmarkts mit dem Gasmarkt, andererseits über die Kopplung der erneuerbaren Stromproduktion mit der Mobilität. Ausserdem zeigt «Future Mobility» auf, wie sich Energieüberschüsse aus Wind- und Solarkraftwerken dezentral, kostengünstig und effizient speichern lassen und welcher Verwertungsweg am energieeffizientesten ist. Das bedeutet: Die Energieproduktion könnte in Zukunft «nonstop» laufen, also ohne die derzeit nötigen Unterbrüche, sobald (nicht nutzbare) Überkapazitäten drohen. Speicherung und Nutzung von Überschussstrom vermindern die Abhängigkeit von importierten fossilen Energieträgern und

sichern langfristig eine Ressourcen schonende, umweltverträgliche und energieeffiziente Mobilität.

Partner im Projekt «Future Mobility» sind neben der Empa, die ihr Know-how in den Bereichen Fotovoltaik, Wasserstofferzeugung und -speicherung, Fahrzeugantriebe, Energiesysteme und Automation einbringt, das Paul Scherrer Institut (PSI), die ETH Zürich,

die EPFL und die Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) sowie Industriepartner. Neben eher systemtechnischen und anwendungsorientierten Fragestellungen geht es im Projekt auch um Grundlagenforschung, etwa an Elektrolysekatalysatoren oder über Zündphänomene in Verbrennungsmotoren, die mit Methan-Wasserstoff-Gemischen betrieben werden.

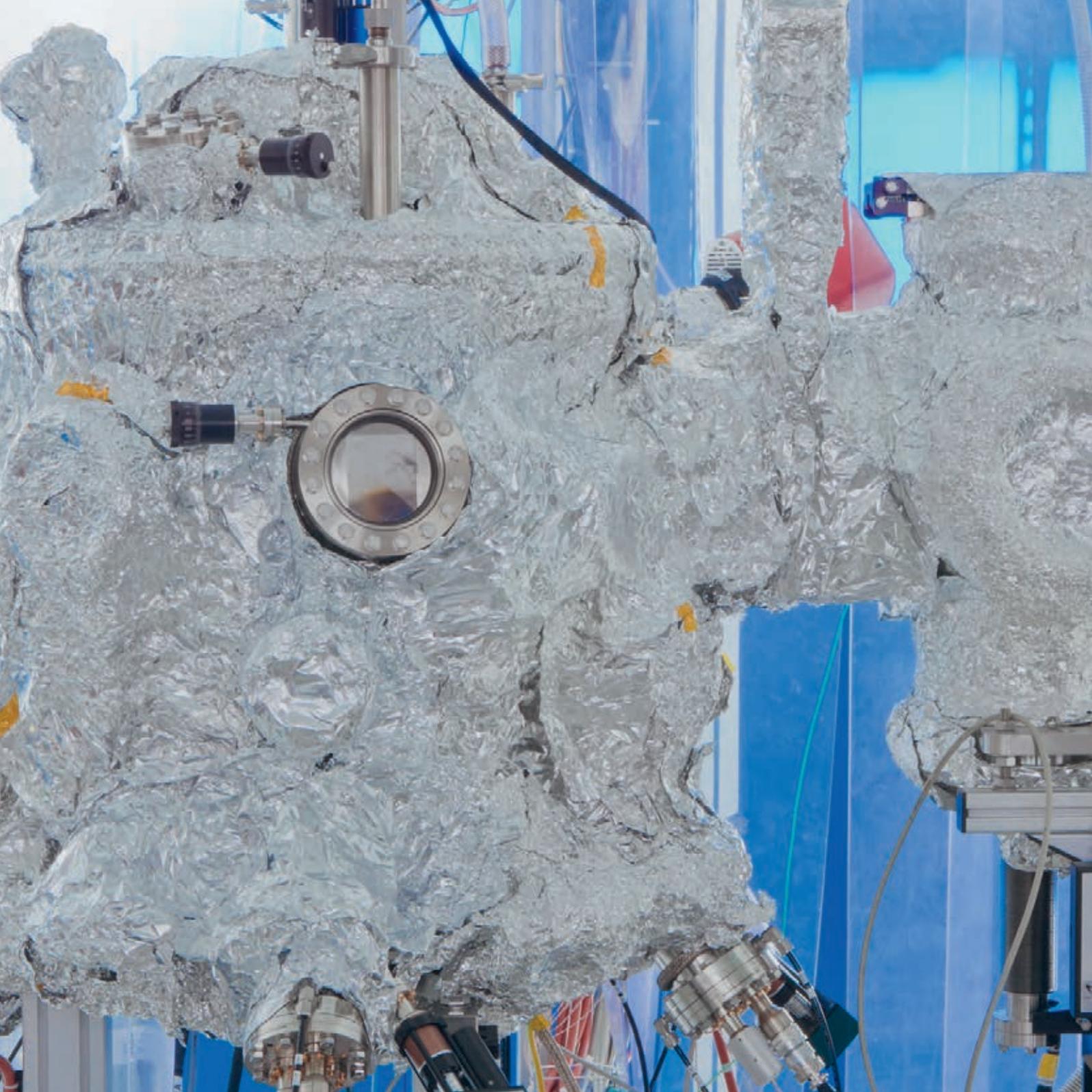


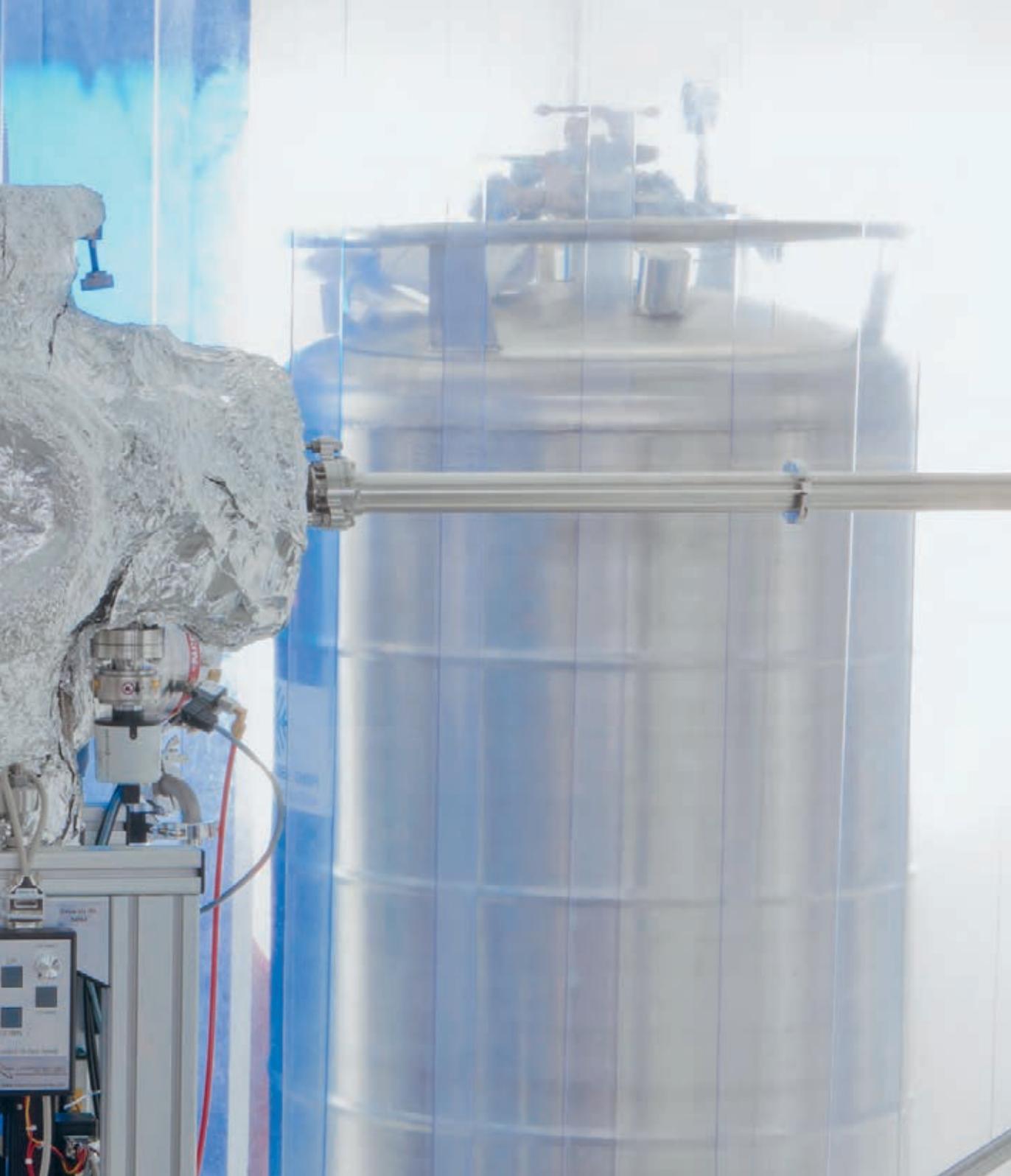
Der Elektrolyseur wandelt Solarstrom sowie Überschussenergie aus dem Netz in Wasserstoff um, der verdichtet und anschliessend gespeichert wird. An den Tanksäulen wird der Wasserstoff einerseits rein (für Brennstoffzellenfahrzeuge), andererseits als Gemisch mit Erd- bzw. Biogas (für Gasfahrzeuge) zur Verfügung gestellt.

Research Focus Areas

Wo liegen die grossen Herausforderungen unserer Zeit? Zweifellos in den Bereichen Gesundheit und Wohlbefinden des Menschen, Umwelt und Klima, bei den zur Neige gehenden Rohstoffen, in einer sicheren und nachhaltigen Energieversorgung und bei der Erneuerung unserer Infrastruktur. In ihren «Research Focus Areas» – Gesundheit und Leistungsfähigkeit, Natürliche Ressourcen und Schadstoffe, Energie, Sustainable Built Environment, Nanostrukturierte Materialien – bündelt die Empa das interdisziplinäre Know-how ihrer 30 Forschungslabors und erarbeitet dadurch praxisnahe Lösungen für Industrie und Gesellschaft.







Nanomaterialien – eine Herausforderung für die Analytik

Unter nanostrukturierten Materialien versteht man Komposit- oder Verbundwerkstoffe aus mehreren nanoskaligen Komponenten (oder «Phasen»), wobei die Grenzfläche zwischen zwei Komponenten wiederum als eigenständige Phase aufgefasst werden muss. Häufig sind



es nämlich gerade Phänomene an der Grenzfläche, die für die einzigartigen physikalischen Eigenschaften nanostrukturierter Materialien verantwortlich sind. Also zum Beispiel der magnetfeldabhängige elektrische Widerstand in Multi-Schichtsystemen aus sich abwechselnden magnetischen und nichtmagnetischen nanometerdünnen Schichten aufgrund des GMR-Effekts («Giant Magnetoresistance» oder Riesenmagnetowiderstand), die Härteüberhöhung in superharten Nanokomposit-Verschleisschutzschichten aus Silizium- und Titanitrid oder die massive Schmelzpunktniedrigung von Aluminiumsilizid-Lötverbindungen, wenn diese als Aluminium-Silizid/Aluminiumnitrid-Nanokomposite

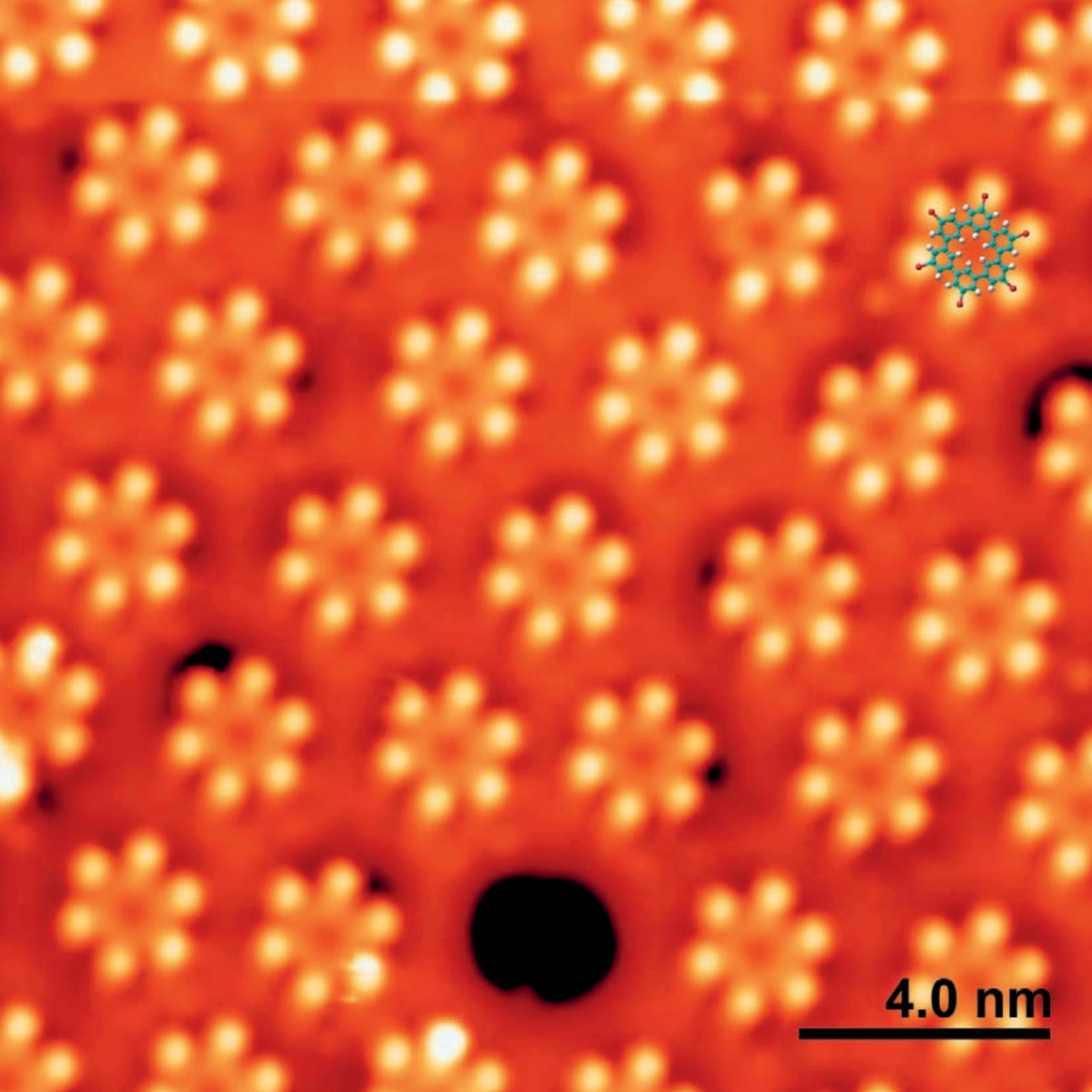
vorliegt; allesamt Materialsysteme, wie sie im Forschungsschwerpunkt «Nanostrukturierte Materialien» der Empa intensiv erforscht und entwickelt werden.

Materialanalysen bis in den (sub-)atomaren Bereich

Die strukturelle und chemische Charakterisierung von Nanomaterialien erfordert Analysemethoden mit nanoskaliger oder gar atomarer Auflösung, wie sie heute nur teilweise zur Verfügung stehen. Entsprechend wichtig ist es für die Empa, neue Methoden und Verfahren zu entwickeln

Rastertransmissionselektronenmikroskop-Aufnahme mit atomarer Auflösung: Korngrenze einer Perowskit-Verbindung, wie sie in thermoelektrischen Konvertern angewendet wird.

Von hexagonalem Bornitrid auf einem Rhodium-Einkristall geformte Nanoporen bilden ein ideales Substrat für die Adsorption einzelner organischer Moleküle wie hier Cyclohexaphenylen (mit überlagerter chemischer Struktur; Aufnahme mit dem Rastertunnelmikroskop).





oder vorhandene Methoden weiterzuentwickeln. Letztes Jahr konnten Empa-Forschende gleich zwei neuartige Analysensysteme präsentieren, die sie gemeinsam mit Industriepartnern entwickelt hatten.

Zum einen den «D3-Chemical Imager», eine Kombination aus einer Ionenfeinstrahlanlage (FIB, von engl. «Focused Ion Beam») zur homogenen Materialabtragung und einem Flugzeit-Massenspektrometer (ToF-MS, von engl. «Time of Flight Mass Spectrometer») zur chemischen Oberflächenanalyse. Damit kann in kürzester Zeit eine dreidimensionale Charakterisierung der chemischen Zusammensetzung eines beliebigen Werkstoffes – eine Art chemisches Tiefenprofil – mit einer Voxelauflösung von 40x40x10 Kubiknanometern durchgeführt werden.

Die zweite Neuentwicklung, das «3D-NanoChemiscope», bestehend aus einem Flugzeit-Sekundärionen-Massenspektrometer (ToF-SIMS) und einem Rasterkraftmikroskop bietet die einzigartige Möglichkeit, die Topografie, chemische Zusammensetzung als auch die mechanischen Eigenschaften wie Härte oder Elastizität von Oberflächenstrukturen im Nanometerbereich simultan zu bestimmen (siehe auch Seite 12).

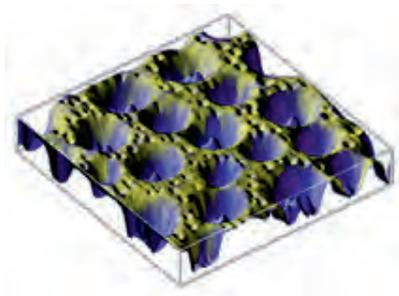
«3D-Chemical Imager»: Kombination einer Ionenfeinstrahlanlage (FIB) und eines Flugzeit-Massenspektrometers (ToF-MS).

Ohne EU und Industrie kaum möglich

Die Entwicklung solcher Geräte oder Anlagen ist mit sehr hohen Kosten verbunden und heute praktisch nur über EU-Projekte mit starker Industriebeteiligung durchführbar. So wurde das 3D-Nano-Chemiscope innerhalb des gleichnamigen EU-Projekts gemeinsam mit der deutschen Firma ION-TOF GmbH entwickelt, einem weltweit führenden Hersteller von ToF-SIMS-Anlagen. Der 3D-Chemical Imager wurde im Rahmen des EU-Projekts «FIBLYS» zusammen mit der Schweizer Firma Tofwerk AG und der tschechischen Firma Tescan entwickelt.

Zusammenarbeit mit IBM bei der Transmissionselektronenmikroskopie

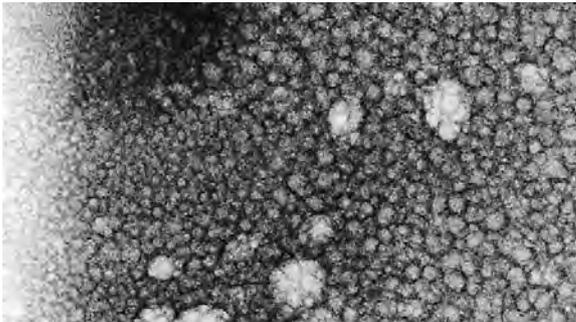
Das IBM-Forschungslabor in Rüschlikon und die Empa haben 2012 eine langfristige Zusammenarbeitsvereinbarung unterzeichnet, welche die Anschaffung und den Betrieb eines höchstauflösenden Transmissionselektronenmikroskops (TEM) vorsieht. Im März 2013 wird unter wissenschaftlicher Leitung der Empa das leistungsstärkste TEM der Schweiz am «Binnig and Rohrer Nanotechnology Center» in Rüschlikon den Betrieb aufnehmen. Mit diesem Mikroskoptyp «JEM-ARM200F», dessen Auflösung 0,08 Nanometer beträgt, sollte es möglich sein, chemische Charakterisierungen am einzelnen Atom durchzuführen, also dessen Bindungszustand zu ermitteln – ein Quantensprung für die strukturelle und chemische Charakterisierung von Nanomaterialien.



Oberflächenstruktur eines Bikomponentenpolymers:
Die untersuchte Oberfläche misst lediglich $7,5 \times 7,5 \text{ nm}^2$.

Auf dem Weg zum energieautarken Gebäudepark

Der Gebäudepark der Schweiz, die Gesamtheit aller Gebäude, spielt in der Energiestrategie 2050 eine zentrale Rolle. Als langfristiges Ziel soll er vom wichtigsten Energieverbraucher zum Selbstversorger werden, wenn nicht sogar Energie liefern. Diese gewaltige Herausforderung fordert ein Engagement auf allen Ebenen, von Materialien über Systeme, Gebäude, Quartiere bis hin zu ganzen Städten.



Bestehende Gebäude besser isolieren

Viele Projekte fokussieren darauf, bei bestehenden Gebäuden die Wärmeleitfähigkeit der Gebäudehülle zu vermindern. Seit Anfang 2013 ist mit dem erfolgreich erprobten Aerogelverputz ein Produkt auf dem Markt, das aufgrund seiner hervorragenden Isolationsfähigkeit selbst bei dünnen Verputzen besonders für historisch interessante Altbauten neue Möglichkeiten für eine energetische Sanierung eröffnet, ohne deren Erscheinungsbild zu beeinträchtigen.

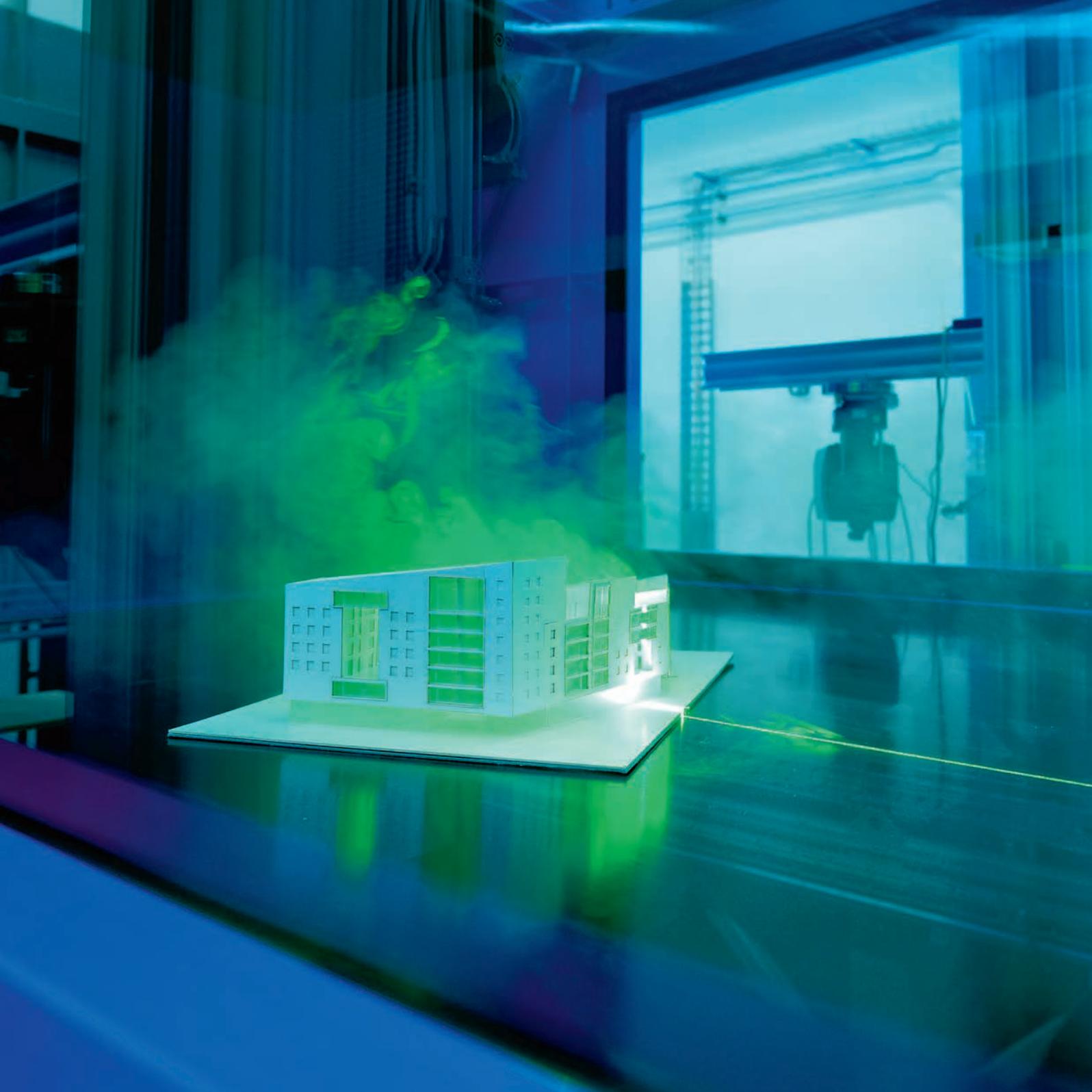
Nach langjährigen Vorarbeiten an Vakuumverglasungen, für die die Empa einen neuartigen Randverbund geschaffen hat, wird die Entwicklung im EU-Projekt «Winsmart» weiter in Richtung Industrialisierung getrieben. Ziel ist ein Vakuumfenster, das nicht nur hervorragend isoliert, sondern dank schaltbarer Gläser auch den Lichtdurchgang regelt, beispielsweise indem es sich auf Knopfdruck abdunkelt.

Was bringen Energieverbunde in Stadtquartieren?

Während diese Art von Projekten sehr zielgerichtet ist, sind Projekte zum Thema Energieverbund auf Stufe Quartier noch um einiges spekulativer. Im Zentrum steht die Frage, ob und wie

Schaumbitumen unter dem Mikroskop: Der Schaum enthält rund 1 Prozent Wasser und entsteht, wenn man ca. 160° C heisses Bitumen mit Wasser mischt.

Forschung für ein besseres Stadtklima von morgen: Modell im Windkanal.



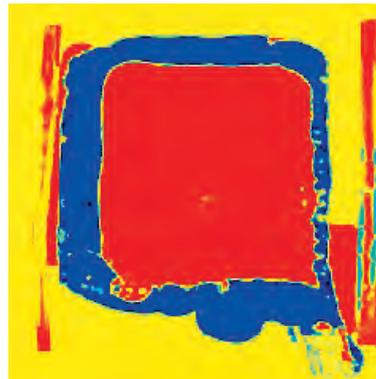
viel Energie sich einsparen lässt, wenn ein lokales Netz für Wärme, Kälte und Strom aufgebaut wird, in dessen Zentrum sich ein Energiehub befindet, der die Verteilung, Umwandlung und Speicherung der Energie regelt. Simulationsmodelle bilden dafür eine wichtige Grundlage, die aber im Rahmen des Forschungsschwerpunkts «Sustainable Built Environment» in Pilotversuchen mit unterschiedlicher Konstellation an «echten» Gebäuden validiert werden müssen.

Neue Materialien mit Potenzial

Auch im Infrastrukturbau bzw. im Tiefbau liegt ein erhebliches Potenzial für Energieeinsparungen. Dazu gehört der Einsatz von Schaumbitumen für Strassenbeläge, womit die Temperatur des Mischgutes von 160°C auf zirka 120°C reduziert werden kann. Allerdings geht die Rechnung nur dann auf, wenn damit ein Belag von vergleichbarer Qualität hergestellt werden kann. Schaumbitumen entsteht, wenn man ca. 160–180°C heisses Bitumen mit

Wasser mischt. Die Schaumbildung ist ein komplexer Prozess, bei dem Temperatur, Druck, Mischverhältnis und Art des Bitumens eine Rolle spielen. Um einen möglichst stabilen und homogenen Schaum erzeugen zu können, untersuchen und quantifizieren Empa-Forschende den Einfluss dieser Parameter mit verschiedenen Methoden. Hochgeschwindigkeitskameras etwa machen die einsetzende Blasenbildung sichtbar, und mit röntgentomografischen Methoden lässt sich die Grössenverteilung der Blasen und deren Stabilität analysieren. Die Blasenbildung kann zudem aufgrund der Kenntnis einer Reihe von physikalisch-chemischen Parametern auch am Computer modelliert werden.

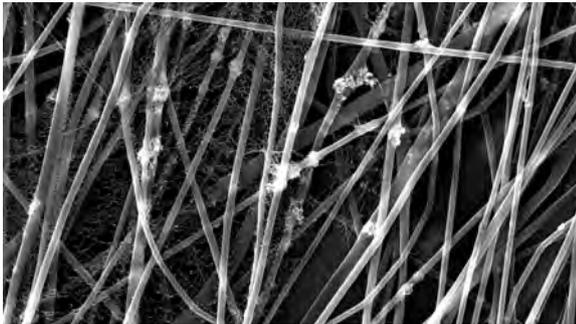
Damit ist es möglich, auf der Basis eines grundlegenden Verständnisses der Schaumbildung eine optimierte Rezeptur für Strassenbeläge zu entwickeln, die Belageinbauten bei tieferen Temperaturen und damit vermindertem Energieverbrauch ermöglichen, ohne Einbussen hinsichtlich Qualität und Dauerhaftigkeit des Strassenbelages in Kauf nehmen zu müssen.



Neue Methode zur Versiegelung von Vakuumfenstern:
Eine Zinnlegierung hält über Jahrzehnte dicht.

Analysieren, reduzieren, vermeiden – die Umwelt dankt es

Unsere Gesellschaft verbraucht zu viele Rohstoffe und andere natürliche Ressourcen und stösst eine beachtliche Menge an Schadstoffen aus. Diese zu senken ist das Ziel des Empa-Forschungsschwerpunkts «Natürliche Ressourcen und Schadstoffe». Im Kern geht es dabei um die Erhöhung der Material- und Energieeffizienz technischer Prozesse, um den Ersatz kritischer Ressourcen sowie um die effiziente Reinigung von Abluft und Abwasser.



Funktionalisierte Filter für saubere (Ab-)Luft

Im neuen Windkanal der Empa untersuchen Forscher erstmals das Verhalten und die Abreicherung von Nanopartikeln in der Abluft. Mit Hilfe der neuen Forschungseinrichtung wollen sie wirksamere (Nano-)Filter entwickeln. Filtermaterialien mit einer Nanofaserschicht, in die fotokatalytisch aktives Titandioxid (TiO_2) eingelagert ist, haben den enormen Vorteil, dass neben der normalen Filtration noch eine katalytische Zersetzung stattfindet, was die Filter insgesamt

deutlich effizienter macht. Allerdings dürfen die Nanofasern nicht allzu dicht angeordnet sein, denn sonst nimmt die Filtereffizienz wieder ab. Modellrechnungen leisten auch hier einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung der Filter.

Emissionen analysieren und Umwelteintrag quantifizieren

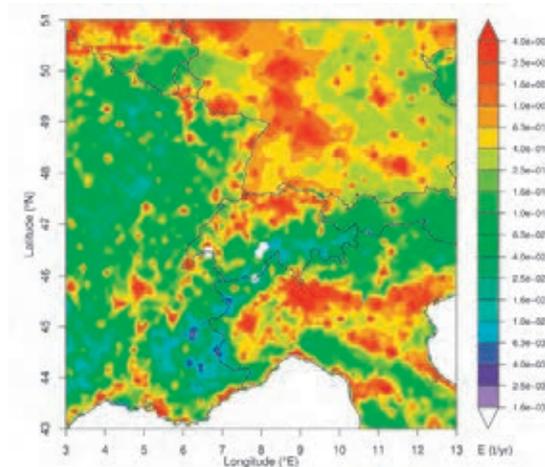
Im Montreal-Protokoll verbotene ozonabbauende Stoffe wurden von der Industrie durch neue Stoffe ersetzt. Ersatzprodukte der zweiten Generation wie das Kühlmittel R-1234yf bergen die Gefahr, Trifluoressigsäure (TFA), ein enorm stabiles Abbauprodukt, zu bilden.

Filtermaterialien aus Nanofasern mit eingelagertem fotokatalytisch aktivem Titandioxid, das zusätzlich zur normalen Filtration Luftfremdstoffe auch katalytisch zersetzt.

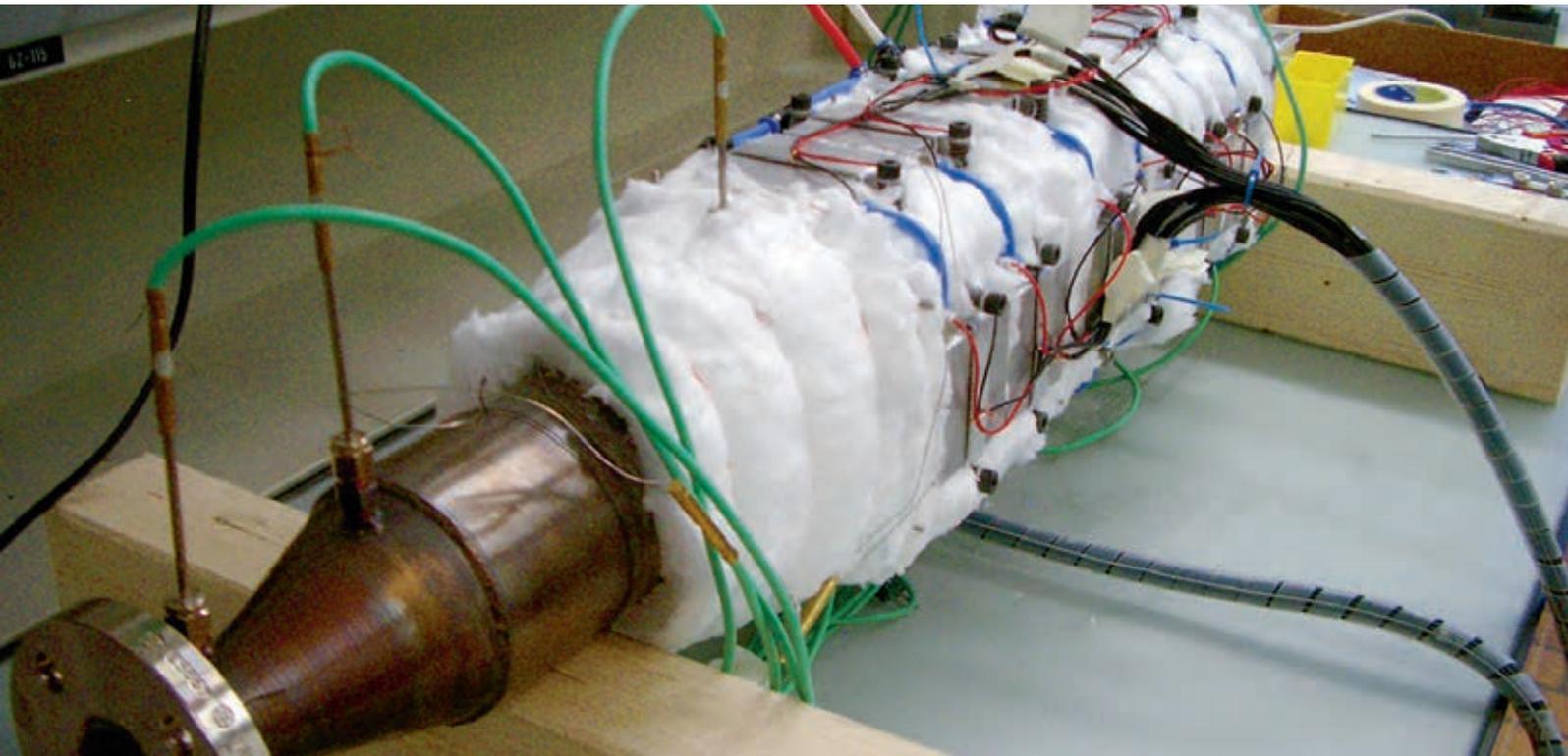
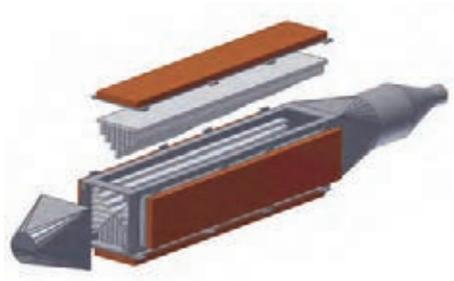
Hochrechnungen der Empa zeigen, dass bis 2020 jährlich zwischen 11 000 und 19 000 Tonnen R-1234yf emittiert werden dürften. Computersimulationen auf dem Hochleistungsrechner der Empa ermöglichen es erstmals, aus diesen Emissionen die erwarteten Einträge von TFA in die Umwelt zu berechnen. Ein erstes Ergebnis besagt, dass die Konzentrationen damit (noch) unter der Schädigungsgrenze der empfindlichsten Süsswasseralgien liegen.

Abgas reinigen – Abwärme nutzen

Die Energieeffizienz von Personewagen wird aufgrund der gesetzlich erforderlichen Reduktion des Kohlenstoffdioxidausstosses (CO₂) künftig immer wichtiger. Zusätzlich zu einer gezielten Effizienzsteigerung der Verbrennungsmotoren nimmt daher auch die Bedeutung der bisher ungenutzten Abwärme zu. Derzeit wird davon nur ein geringer Teil verwertet, etwa zur Aktivierung des Katalysators oder zur Heizung des Autoinnenraums. Mit thermoelektrischen Konvertern auf der Basis von Metalloxiden und Halb-Heusler-Legierungen ist es Empa-Forschenden gelungen, diese Abwärme besser zu nutzen (siehe auch Seite 16). Bereits bei Abgastemperaturen von ca. 450° C können rund 70 Watt zurückgewonnen werden, was im Vergleich zu konventionellen thermoelektrischen Modulen einer Verdoppelung der Leistung entspricht. Auch wenn dies auf den ersten Blick wenig erscheint, kann die thermoelektrische Stromerzeugung den Verbrauch von Personewagen bis zu 5 Prozent reduzieren, da der heutige Wirkungsgrad der On-board-Stromerzeugung sehr niedrig ist. Höhere Temperaturen, wie sie im Abgas üblich sind, ermöglichen mit diesen neuen Materialien eine noch wesentlich bessere Nutzung der Abwärme.



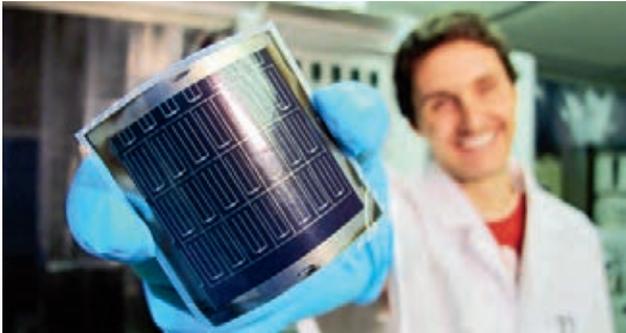
Die Computersimulation zeigt, wo mit grossen Emissionen des Kühlmittels R-1234yf zu rechnen ist. «Hot spots» werden in den Ballungsräumen Stuttgart, Zürich, Genf und Mailand vorausgesagt.



Ein thermoelektrischer Konverter, der die bei der Verbrennung des Treibstoffs anfallende Abwärme im Abgasrohr in elektrischen Strom umwandelt, senkt den Energieverbrauch des Fahrzeugs um bis zu 5 Prozent.

Innovative Technologien für die Energiewende

Die vom Bundesrat beschlossene Energiewende mit dem Ausstieg aus der Kernenergie wird nur machbar, wenn innovative, erneuerbare Energietechnologien in Verbindung mit neuartigen Materialien entwickelt und in die Praxis umgesetzt werden. Nur so lassen sich sowohl der Energieverbrauch als auch der CO₂-Ausstoss gleichzeitig senken.



Vorsprung von Siliziumsolarzellen aufgeholt

Wissenschaftler und Ingenieure versuchen weltweit Solarzellen zu entwickeln, die sowohl hocheffizient sind als auch einfach und in grossen Mengen günstig produziert werden können. Forschenden der Empa ist es gelungen, flexible Dünnschichtsolarzellen mit einem Rekordwirkungsgrad von 20,4 Prozent zu entwickeln. Die Zellen basieren auf so genannten Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid-Halbleitern (CIGS). Der neue Rekordwert entspricht damit den Wirkungsgraden, die mit

handelsüblichen starren polykristallinen Siliziumsolarzellen erreicht werden. Dabei ist es den Forschern unter anderem gelungen, die Eigenschaften der Licht absorbierenden CIGS-Schicht bei tieferen Prozesstemperaturen weiter zu optimieren. Als Nächstes soll die Technologie vom Labor- in den Industriemassstab hochskaliert werden. Die Produktion im Rolle-zu-Rolle-Verfahren wird weitere Kosteneinsparungen ermöglichen. Flexible CIGS-Solarzellen haben also ein enormes Potenzial, Solarstrom in naher Zukunft erschwinglich zu machen.

Weltrekordhalter: hocheffiziente und flexible CIGS-Solarzellen.

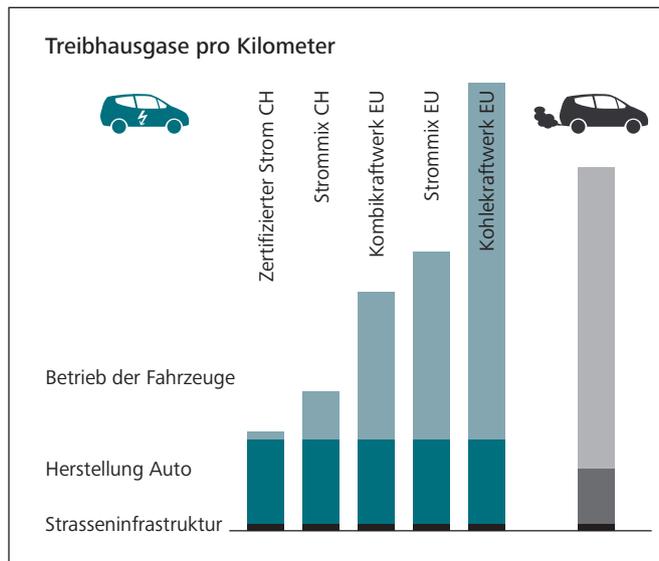
Solare Wasserspaltung für eine nachhaltige Energieversorgung

Mit Sonnenlicht durch Wasserspaltung (Elektrolyse) produzierter Wasserstoff ist seit Langem eine Hoffnung, unsere Energieversorgung auf eine nachhaltige Grundlage zu stellen. Einem internationalen Forscherteam unter der Leitung der Empa ist es gelungen, die molekularen Strukturänderungen einer Eisenoxidelektro-

de während der Wasserspaltung zu beobachten. Eisenoxid ist ein viel versprechendes Elektrodenmaterial für die fotoelektrochemische Wasserspaltung – nicht zuletzt, weil es billig, stabil, umweltfreundlich und in grossen Mengen verfügbar ist. Damit eröffnet sich die Möglichkeit zur günstigen Wasserstoffproduktion aus Sonnenenergie (siehe auch Seite 19).

Chancen und Risiken der Elektromobilität

Elektroautos gelten als ein Hoffnungsträger für eine Mobilität, die unsere Umwelt weniger belastet. Mit dem richtigen Strommix aus erneuerbaren Energien sind sie nicht von fossilen Energieträgern abhängig und helfen somit, den Schadstoffausstoss des Verkehrs zu senken. Noch verhindern die begrenzte Reichweite und die geringe Lebensdauer der Batterie, dass Elektroautos sich rasch verbreiten. Eine Studie unter Leitung der Empa hat Chancen und Risiken der e-Mobilität beleuchtet. Sie empfiehlt, bei der Zulassung neuer Personenwagen energieeffiziente Fahrzeuge zu bevorzugen. Dabei solle nicht nur der Energieverbrauch in der Betriebsphase, sondern die Umweltbelastung während des ganzen Lebenszyklusses der Fahrzeuge berücksichtigt werden. Um negativen Rückkopplungseffekten vorzubeugen, müsste die Mobilität gesamthaft verteuert werden, damit umweltfreundlichere, günstigere Fahrzeuge nicht dazu führen, dass der Verkehr insgesamt zunimmt.

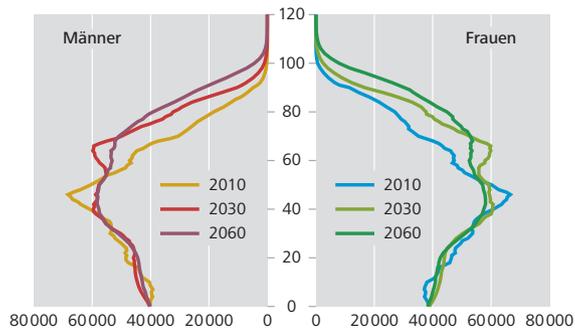


Werden Elektroautos mit Strom aus fossilen Quellen angetrieben, schneiden sie nicht besser ab als Fahrzeuge mit Benzinmotoren (rechts).

Materialinnovationen für Medizin und Komfort

Tagtäglich kommt ein Mensch mit verschiedensten Materialien in Berührung. Besonderes Augenmerk gilt es dabei jenen Produkten zu widmen, die direkt am Körper getragen oder sogar implantiert werden; sie müssen enorm hohen Anforderungen genügen bezüglich

Zweckmässigkeit und Haltbarkeit, aber auch Sicherheit. Die Vision der Empa beim Einsatz neuer Materialien im Bereich medizinischer Anwendungen, aber auch im körpernahen Bereich, beispielsweise bei innovativen Textilien mit besonderen Eigenschaften, lautet daher: «Innovative Materialien für eine gesunde Zukunft».



Lebensqualität im Alter erhöhen

Die Menschen in der Schweiz, aber auch in anderen europäischen Ländern, werden immer älter. Gleichzeitig nehmen die Geburtenzahlen ab. Resultat: Die Alterspyramide zeigt für die kommenden zehn Jahre eine klare Mehrheit an über Fünfzigjährigen. Ein höheres Durchschnittsalter bedeutet aber auch, dass altersbedingte Beschwerden häufiger als bisher auftreten werden. Die Empa erforscht daher neue Materialien vermehrt auch im Hinblick auf den Einsatz für Produkte, die vor allem älteren Menschen nützen, um bei guter Gesundheit zu bleiben bzw. deren Leiden mildern helfen. So haben Empa-Forschende etwa gemeinsam mit einem Industriepartner ein Inkontinenzsystem entwickelt, das aufgrund seiner geringen Dicke im Alltag kaum auffällt und doch dank einer ultraeffizienten Absorberschicht einen guten Schutz bietet. Damit wird die Lebensqualität vieler Menschen erheblich verbessert. Seit Anfang 2012 ist das System auf dem Markt erhältlich.

Die Alterspyramide der Schweiz zeigt eine klare Mehrheit an über Fünfzigjährigen. Quelle: Bundesamt für Statistik (BFS).

Die Alterspyramide der Schweiz zeigt eine klare Mehrheit an über Fünfzigjährigen. Quelle: Bundesamt für Statistik (BFS).



Das an der Empa entwickelte Inkontinenzsystem fällt kaum auf und bietet trotzdem zuverlässigen Schutz.

Kontakt
Prof. Dr. Harald Krug
harald.krug@empa.ch

Fasern zur Geweberegeneration

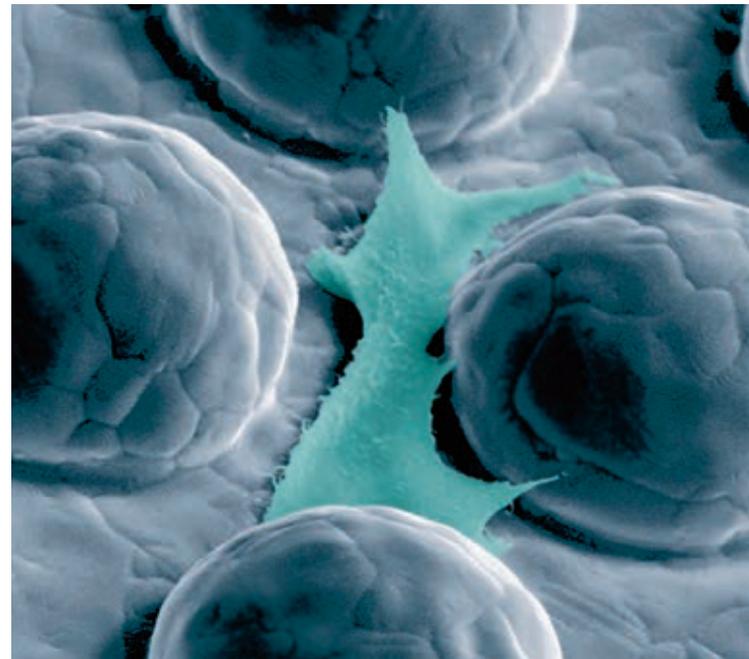
Textilien und Fasern werden vermehrt auch in der Medizin eingesetzt. Beispielsweise werden biologisch abbaubare Fasern mit menschlichen Zellen «besiedelt», um daraus «Ersatzgewebe» zu züchten und damit erkranktes oder verletztes Gewebe zu regenerieren. Dieses Prinzip des «Tissue Engineering» wird unter anderem in der Herzchirurgie angewandt. Die Empa arbeitet zusammen mit der Klinik für Herz- und Gefässchirurgie des Inselspitals Bern an einem vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF) unterstützten Projekt zur Herzmuskelregeneration nach einem Infarkt. Dabei werden Biopolymere im Elektrosplettverfahren in nanorespektive mikrometerdünne Fasern gesponnen und zu einem Vlies verarbeitet. Darauf züchten die Forscher dann Muskelzellen, die später als funktionelles Gewebe in die Patienten rücktransplantiert werden können (siehe auch Seite 44).

Sicherheit – oberstes Gebot für neue Materialien

Neu entwickelte Materialien für medizinische Anwendungen müssen in erster Linie einmal garantiert «sicher» sein. Dazu ist die Empa an zahlreichen Projekten beteiligt, etwa im «Nationalen Aktionsplan synthetische Nanomaterialien» sowie in europäischen Initiativen, die eine Harmonisierung der toxikologischen Methoden zum Inhalt haben, damit die Ergebnisse solcher Studien auch auf internationalem Niveau vergleichbar sind. Ein besonderes

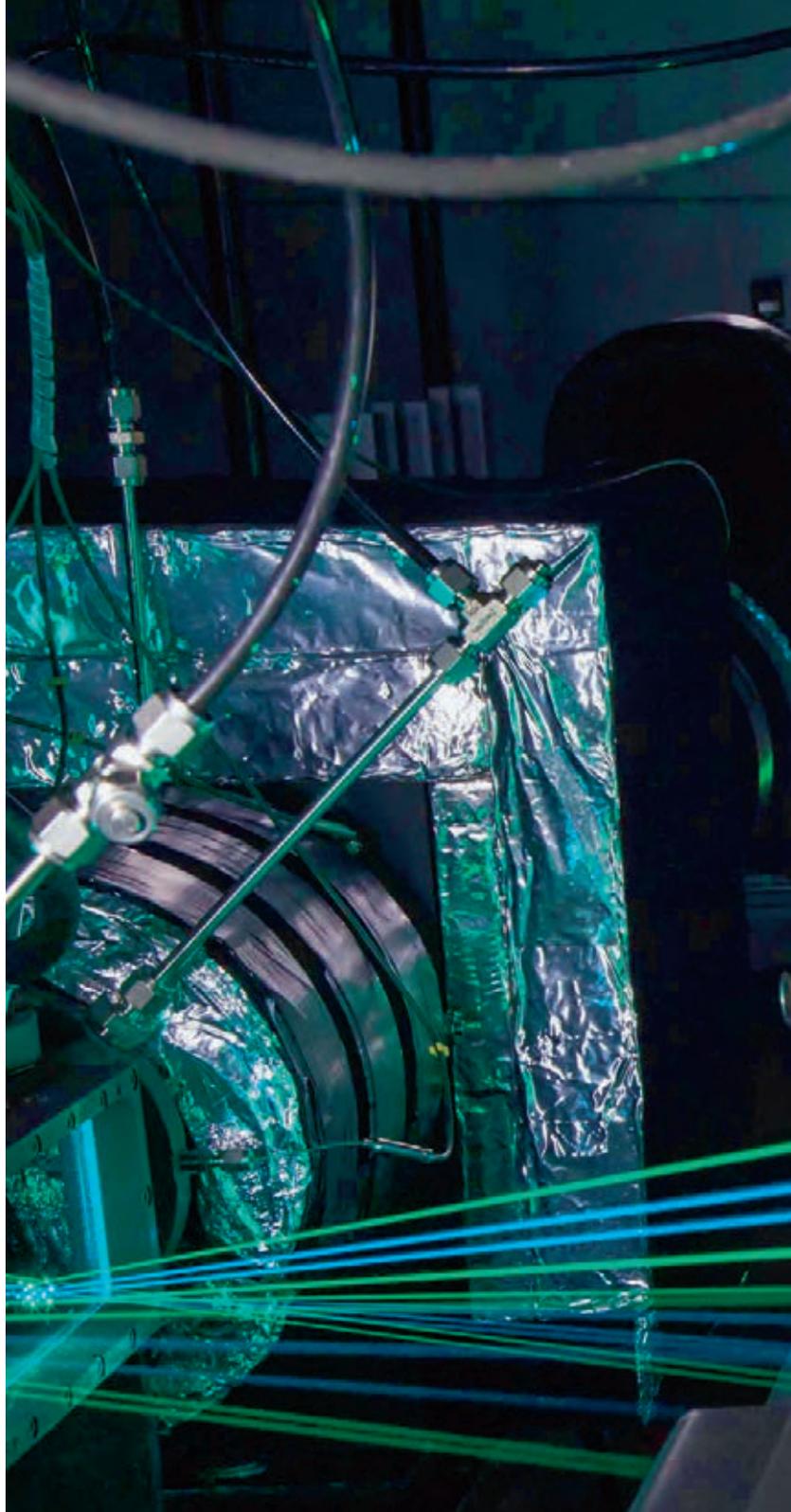
Strukturierte Implantatoberflächen bieten menschlichen Zellen gute Wachstumsbedingungen. Sie integrieren das Implantat besser in die körpereigenen Gewebe, was die Haltbarkeit deutlich verbessert.

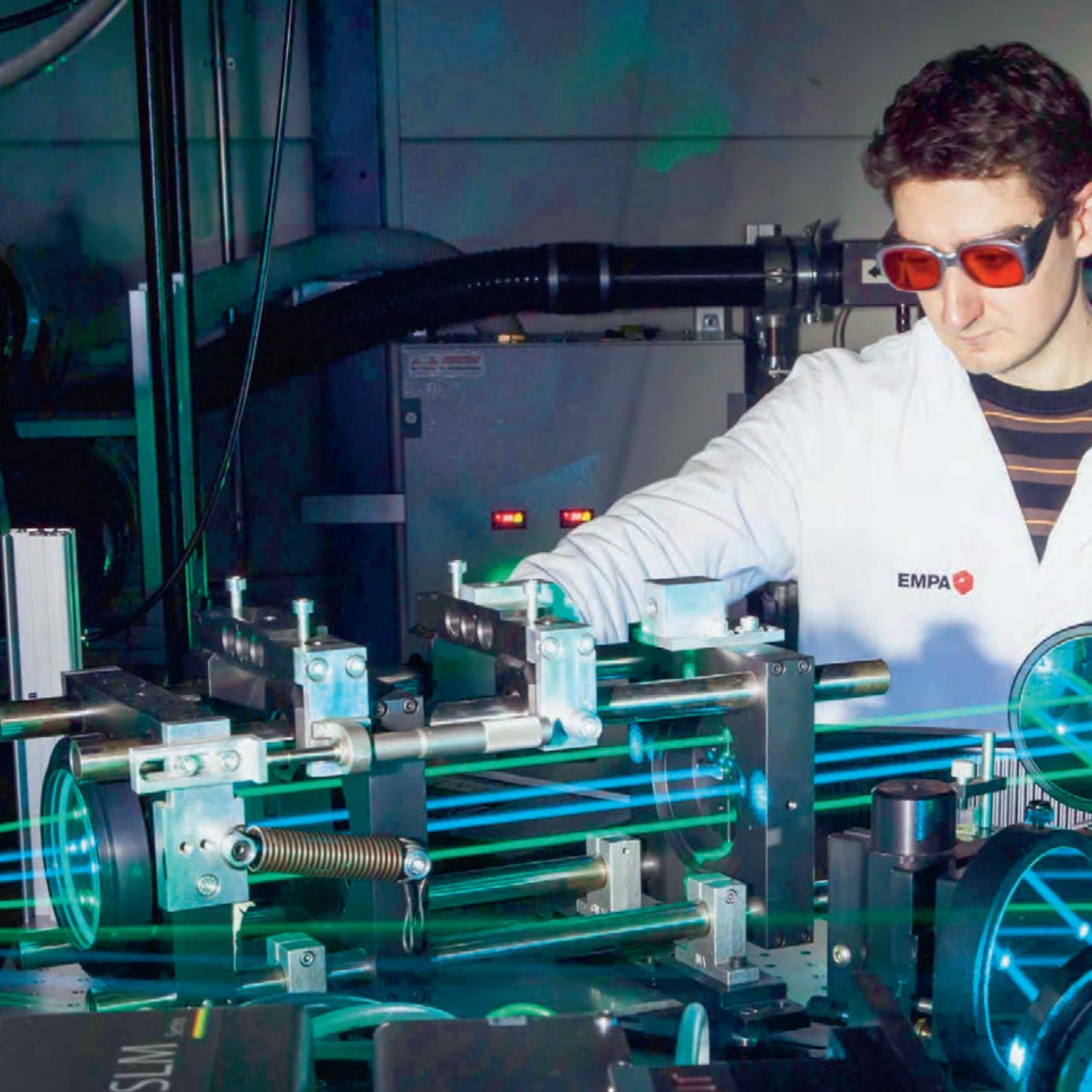
Highlight war dabei sicherlich die Herausgabe eines Handbuchs mit standardisierten Methodenprotokollen für die Nanosicherheitsforschung, das im Rahmen des EU-Projekts «Nanommune» erarbeitet wurde. Zurzeit ist die Empa eines der weltweit führenden Institute in einem internationalen Ringversuch zu diesen Methoden. Damit trägt sie massgeblich dazu bei, ihren Kunden allerhöchste Sicherheitsstandards zu garantieren.

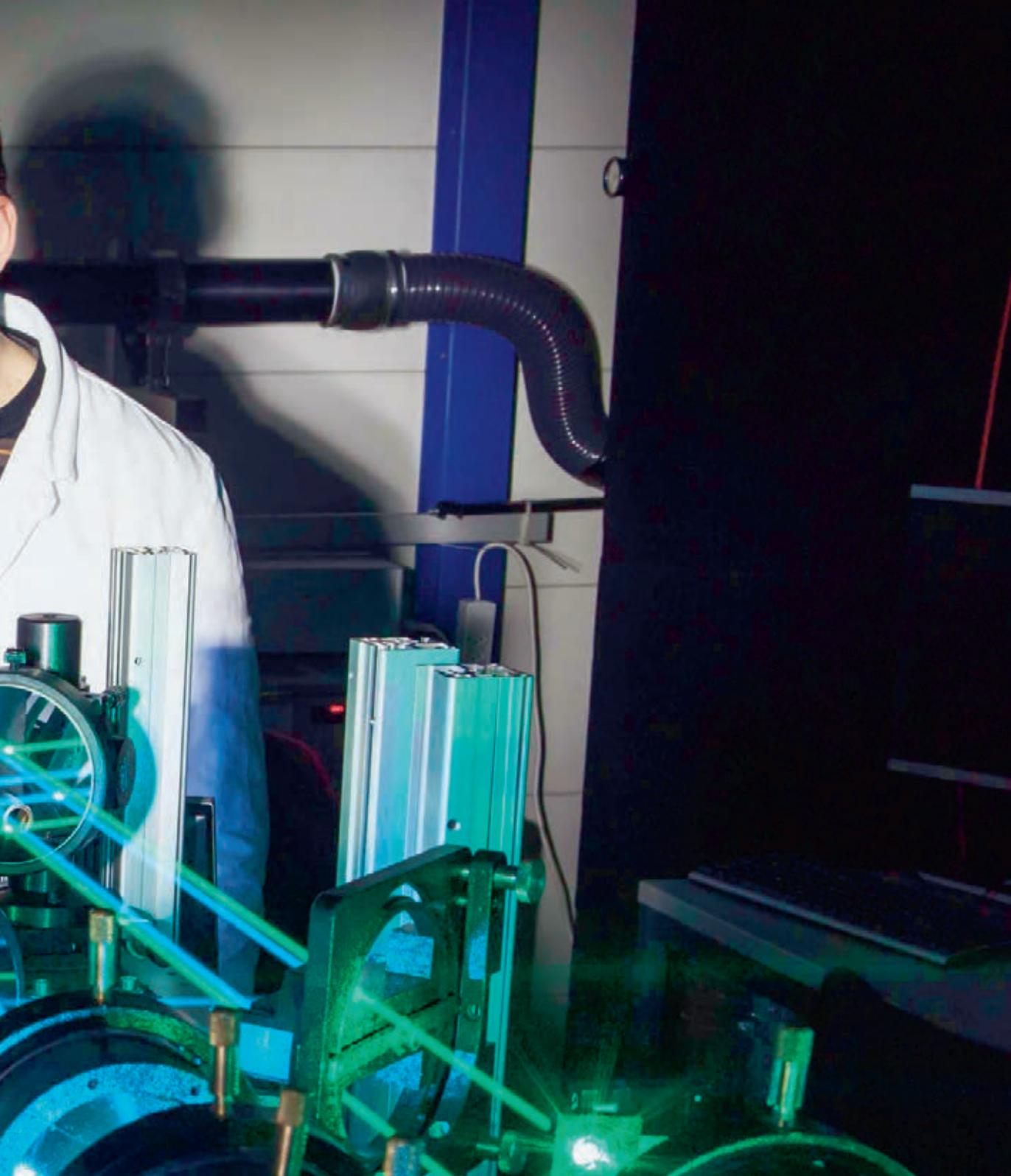


Von der Forschung zur Innovation – die Empa als Partnerin

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







Empa-Innovationen erfolgreich umgesetzt

Technologietransfer, das ist die Schnittstelle zwischen der Empa und ihren Partnerunternehmen, bei der es darum geht, die Forschungsergebnisse aus den Empa-Labors in marktfähige Innovationen umzuwandeln. Und bei den zahlreichen Industriekontakten der Empa gibt es

dabei einiges zu tun – von der Ausarbeitung von Kooperationsvereinbarungen bis zur Sicherung und der Verwertung des geistigen Eigentums. So ist beispielsweise die Zahl der neuen Forschungs Kooperationen mit privaten und öffentlichen Institutionen um rund 50 Prozent auf 150 neue Projekte angestiegen. Ausserdem hat die Empa 33 neue Lizenz- und Technologietransferverträge mit Wirtschaftspartnern abgeschlossen und zum Schutz des geistigen Eigentums 18 neue Patente angemeldet.



«Grüne» Chemie zur Duftstoffherstellung

Die Abteilung «Biomaterials» in St. Gallen beschäftigt sich mit der Herstellung und Anwendung von Laccasen. Diese Enzyme sind viel versprechende Biokatalysatoren, die aufgrund ihrer einfachen Handhabbarkeit und der Vielfalt an möglichen Reaktionen, die sie katalysieren können, in verschiedensten industriellen Prozessen eingesetzt werden können. Sie haben zudem den Vorteil, dass sie ungiftig sind, weniger (unerwünschte) Nebenprodukte bilden, unter milden Reaktionsbedingungen funktionieren und somit eine «grünere» Chemie ermöglichen. In einem von der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) geförderten Projekt mit Givaudan haben

die Forscherinnen und Forscher der Abteilung «Biomaterials» in St. Gallen die Herstellung und Anwendung von Laccasen untersucht. Diese Enzyme sind viel versprechende Biokatalysatoren, die aufgrund ihrer einfachen Handhabbarkeit und der Vielfalt an möglichen Reaktionen, die sie katalysieren können, in verschiedensten industriellen Prozessen eingesetzt werden können. Sie haben zudem den Vorteil, dass sie ungiftig sind, weniger (unerwünschte) Nebenprodukte bilden, unter milden Reaktionsbedingungen funktionieren und somit eine «grünere» Chemie ermöglichen. In einem von der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) geförderten Projekt mit Givaudan haben

3D-Strukturmodell einer bakteriellen Laccase: Die Kugeln repräsentieren Kupferatome im aktiven Zentrum des Enzyms, wo die Oxidation der Mediator-moleküle stattfindet. Ein Beispiel für ein Mediator-molekül ist im Modell mit abgebildet: grau Kohlenstoff, gelb Schwefel, rot Sauerstoff.



Givaudan setzt Enzyme wie Laccasen zur Entwicklung neuer Duftstoffe und zur Herstellung authentischer Aromen ein. Ein Wissenschaftler misst Laccase-Reaktionen im Spektrofotometer.

EMPA

Materials Science & Technology

Laser spectroscopy for
industrial, medical and
environmental applications

WILCO

**LEAK DETECTION
and Inspection Machines**
Established and Innovation since 1971



Empa-Forschende eine ganze «Toolbox» von Laccase-Systemen entwickelt, die die Oxidation einer Vielzahl von Vorläufersubstanzen zu den eigentlichen Duftstoffen im Labormassstab ermöglicht hat.

Leckprüfer für Spraydosen

Empa-Forschende entwickeln seit vielen Jahren laserbasierte Messgeräte, die Luftschadstoffe mit grosser Empfindlichkeit detektieren können. Diese Messtechnik eignet sich aber auch für den medizinischen und industriellen Einsatz. So wurde gemeinsam mit der Firma Wilco ein Sensor entwickelt, der innert Sekundenbruchteilen zuverlässig und erst noch günstiger als mit herkömmlichen Methoden den Austritt von Treibgasen wie Propan und Butan erkennt, um lecke Spraydosen noch im Produktionsprozess auszuschneiden. Aus der Zusammenarbeit ist ein markt-reifes Produkt entstanden, das alle Sicherheitsanforderungen und Prüfungen für Aerosolspraydosen erfüllt (siehe auch Seite 30).

Chemische Bildgebung mit Nanometerauflösung in 3D

Durch die innovative Anordnung eines Flugzeit-Sekundärionen-Massenspektrometers (ToF-SIMS) in einem Rasterelektronenmikroskop (REM) mit fokussiertem Ionenstrahl (FIB) ist es Empa-Forschenden gelungen, ein neuartiges Instrument für die Oberflächenanalyse zu entwickeln. Dieses liefert nicht nur Informatio-

nen zur dreidimensionalen Struktur der Probe sowie zu deren Oberflächenchemie, sondern hat erst noch eine deutlich höhere Auflösung – im Nanometerbereich – und ist wesentlich günstiger als die bislang übliche energiedispersive Röntgenspektroskopie. Insbesondere für die Analyse von leichten Elementen und organischen Materialien bietet die neue Methode erhebliche Vorteile. Die Integration eines massgeschneiderten ToF-SIMS in ein kommerzielles REM wurde zusammen mit den beiden Industriepartnern Tescan und Tofwerk in Rahmen eines EU-Projekts erarbeitet. Zwei Prototypen stehen bei der Empa im Einsatz. Die ersten kommerziellen Geräte wurden von der tschechischen Firma Tescan bereits verkauft, jeweils mit integrierten ToF-SIMS-Geräten der Schweizer Firma Tofwerk (siehe auch Seite 66).

Präsentation des Spraydosen-Leckprüfers an einer Messe.
Inzwischen ist das erste der Geräte bereits im industriellen Einsatz.

Wo clevere Geschäftsideen flügge werden

Im vergangenen Jahr wurden elf Spin-off-Projekte der Empa und elf Start-ups durch die beiden Business-Inkubatoren der Empa, glaTec und tebo, betreut. Sie pflegen mit der Empa enge Kooperationen im Bereich Forschung und Entwicklung. Die Mehrheit dieser Jungfirmen konnte auch bereits erfolgreich ihre ersten Produkte lancieren.



Vom Prototyp zum marktfähigen Produkt

Ein solches ist etwa der «Mobility Monitor» des Spin-offs compliant concept AG. Er registriert feinste Bewegungen einer pflegebedürftigen Person, durch die Matratze hindurch und ohne Kontakt zum Körper. Das Gerät überwacht und analysiert, ob sich bettlägerige Patienten genügend bewegen, um nicht wundzuliegen, und unterstützt dadurch das Pflegepersonal. Die integrierte Betausstiegswarnung löst ausserdem eine Alarmmeldung aus, falls der Patient das Bett verlässt (siehe auch Seite 26).

Ein weiteres Produkt sind die nachgiebigen Robotergreifer des Spin-offs Monolitix AG. Sie sind

als Alternative zu konventionellen mechanischen Greifern immer beliebter und eröffnen neue Anwendungsfelder. Die Greifer bestehen aus elastischen Materialien – und lediglich aus einem Teil, verformen sich also ohne mechanische Teile wie Gelenke. Dadurch sind sie wartungs-, spiel- und reibungsfrei. Sie sind einfach zu reinigen und können bei Bedarf schnell und kostengünstig ausgewechselt werden.

Physik-Nobelpreisträger Heinrich Rohrer (verstorben am 16. Mai 2013)
war Botschafter des «SimplyNano-1®»-Koffers.

Der «QSorter Explorer» der QualySense AG transportiert, analysiert und sortiert Getreidekörner, Samen oder Bohnen mit hoher Geschwindigkeit. Die Körner werden dabei «Stück für Stück» nach Eigenschaften wie Protein- und Ölgehalt, Farbe, Feuchtigkeit oder Pilzbefall sortiert. Der Kunde erreicht damit eine durchgehende Qualitätskontrolle, eine Optimierung der Prozesse und minimiert seine Risiken.

Die im tebo am Empa-Standort St.Gallen ansässige Firma «Die Innovationsgesellschaft mbH» entwickelte zusammen mit der SimplyScience-Stiftung den Experimentierkoffer «SimplyNano 1[®]», der bereits auf der Sekundarstufe I Begeisterung und Verständnis für naturwissenschaftlich-technische Themen und insbesondere für die Nanotechnologien fördern soll. Der Nanokoffer enthält gut verständliche und attraktiv gestaltete Unterrichts- und Lehrmaterialien, ungefährliche Chemikalien und Labormaterialien für acht spannende Experimente. Die Themen Nanodimension, Reaktivität von Nanopartikeln sowie Nanooberflächen werden anschaulich und einfach vorgestellt. Bereits mehr als 350 Lehrpersonen nutzen den «SimplyNano-1[®]»-Koffer.

Weitere Starts gelungen

Der Aufbau von Startfeld, der Plattform für innovative Unternehmensgründungen in der Ostschweiz, verläuft weiterhin nach Plan. Erfreulicherweise erhielt das Projekt «Polarmond» für ein



Der QSorter Explorer, ein Roboter zur Qualitätsprüfung von Getreide.

Kontakt

glaTec
Mario Jenni
mario.jenni@empa.ch

tebo/Startfeld
Peter Frischknecht
peter.frischknecht@empa.ch

luftisoliertes und ultraleichtes «all-in-one»-Zeltkonzept eine Finanzierung seitens der Stiftung Startfeld. Damit kann das von der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) geförderte Projekt mit der Empa und der Hochschule Rapperswil starten. Erfolgreich ist auch das Dübendorfer Start-up Flisom, das Technologien für die Herstellung flexibler Dünnschichtsolarmodule auf CIGS-Basis entwickelt (Kupfer-Indium-Gallium-[Di]selenid). Ende Jahr sicherte es die Finanzierung zum Bau einer Produktionsstätte mit einer Jahreskapazität von 15 Megawatt in der Schweiz. Flisom arbeitet eng mit den Empa-Forscherinnen und Forschern um

Ayodhya N. Tiwari zusammen, die mit einer Energieumwandlungseffizienz von 20,4 Prozent den Weltrekord für flexible CIGS-Zellen halten.

Um werdende Unternehmer noch früher unterstützen zu können, beteiligt sich die Empa am neu geschaffenen KTI-Programm «CTI Entrepreneurship», das unter Federführung des TECHNOPARK® Zürich fünftägige Kurse zu den Themen «Business Creation» und «Business Development» anbietet.



Die natürlich federnde Wirkung von nachgiebigen Systemen sorgt für einen sanften Umgang mit empfindlichen Objekten.



Flisom-Produktionsanlage: links eine Rolle Polyimid, das als Substrat für die flexiblen, im Vakuum beschichteten Dünnschichtsolarmodule dient (© Flisom AG).

Enge Zusammenarbeit mit der Wirtschaft

Die ausgezeichneten Verbindungen der Empa zur Wirtschaft zeigten sich 2012 unter anderem in mehr als 120 neuen Forschungsverträgen mit Partnern aus der Industrie. Rund 40 Prozent davon waren von der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) geförderte, marktorientierte Forschungs- und Entwicklungsprojekte.



KTI-Sondermassnahmen kurbeln Kooperationen an

Im Rahmen der Sondermassnahmen gegen den starken Franken, für die die KTI 2011 zusätzlich 100 Millionen Franken bereitstellte, konnte die Empa letztes Jahr insgesamt 27 neue Projekte starten. Mit 12,5 Millionen Franken Fördermittel rangierte die Empa hinter der EPF Lausanne und dem Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique (CSEM) auf Rang 3. Besonders erfreulich war dabei, dass in rund 40 Prozent der Projekte Kontakte zu Firmen initiiert wurden, mit denen die Empa bislang noch nicht zusammen-

gearbeitet hatte. Etliche davon sind KMU, wie zum Beispiel die Firma Douglas Textiles, ein innovatives Ein-Frau-Unternehmen, das zusammen mit der Empa und der Firma Weisbrod transparente und trotzdem schallabsorbierende Vorhänge entwickelt hat, die unter dem Namen «Silent Space» inzwischen auch international erfolgreich vertrieben werden.

Historisches Riegelhaus in Kreuzlingen: Wer die Wände isolieren möchte, ohne die Optik zu beeinträchtigen, kann oft nicht auf Dämmplatten zurückgreifen. Aerogel-Hochleistungsdämmputz ist die Lösung.

Kontakt

Gabriele Dobenecker
gabriele.dobenecker@empa.ch

Ausgezeichnet: hochisolierender Spezialputz

Mit einem neuen Hochleistungsdämmputz, den die Empa zusammen mit der Firma Fixit AG im Rahmen eines weiteren KTI-Projekts entwickelt hat, kam Anfang 2013 ein innovatives Produkt auf den Schweizer Markt, das dank so genannter Aerogele bis zu dreimal besser isoliert als herkömmlicher Dämmputz. Die Innovation bietet eine Möglichkeit, historische Bauten energetisch zu sanieren, ohne deren Erscheinungsbild zu verändern. Der Vertrieb in weiteren europäischen Ländern ist bereits in Planung. Der technologische Erfolg und die Marktreife sicherten dem Projekt auch den Empa-Innovationspreis 2012, der zum sechsten Mal vergeben wurde.

Zeigen, was die Empa kann

Vorge stellt wurde der Dämmputz im September am «Swiss Energy and Climate Forum» in Bern. Daneben präsentierte die Empa auch an anderen grossen Schweizer Technologieveranstaltungen wie der «Cleantec City» in Bern, dem «World Medtech Forum» in Luzern und dem «Swiss Innovation Forum» in Basel einem breiten Publikum aus Wirtschaft und Industrie die neuesten Konzepte und Forschungsergebnisse aus ihren Labors, um vor Ort neue Kontakte für zukünftige gemeinsame Forschungsprojekte zu knüpfen.

Die Empa stellte am «World Medtech Forum»
in Luzern «Medtech made by Empa» vor.

Medtech made by Empa



simulation and
al testing of implants
medical devices



Partnerschaftlich innovativ – das Netzwerk der Empa

Warum etwas alleine machen, wenn man gemeinsam viel schneller und effizienter zum Ziel kommt? Gemäss dieser Maxime arbeitet die Empa seit je eng mit zahlreichen nationalen und internationalen Partnern aus Forschung und Industrie zusammen. Dabei zeigt sich erneut: Je besser das Netzwerk, desto einfacher das Teamwork – und desto erfolgreicher die Partnerschaften.



Erfolge auf europäischer Ebene

Eine 2012 vom Staatssekretariat für Bildung, Forschung und Innovation (SBFI) erhobene Bestandesaufnahme der von der EU in ihren Forschungsrahmenprogrammen geförderten Projekte mit Schweizer Beteiligung unterstreicht die internationale Vernetzung der Empa; in der Schweiz ist lediglich die EPFL an mehr EU-Projekten beteiligt als die Empa. So wurde etwa das mit rund 4 Millionen Euro geförderte Projekt «Winsmart» zur Entwicklung intelligenter Fenster für Gebäude von morgen von Empa-Forschenden lanciert. Im Bereich Fotovoltaik ist die Empa gleich an mehreren EU-Projekten beteiligt: am 10-Millionen-Euro-Projekt «SCALENANO» und am 7-Millionen-Euro-Projekt «R2R-CIGS» zur Entwicklung preisgünstiger, effizienterer Solarzellen sowie am 14-Millionen-Euro-Projekt «TREASORES». Letzteres erforscht organische Elektronik und wird von Empa-Forscher Frank Nüesch geleitet.

Erfreuliches aus Brüssel gab es auch anlässlich der Entscheidung über die Gewinner der EU-Flagship-Initiative; neben dem von der EPFL geleiteten «Human Brain Project» wurde «Graphen» unter der Leitung der Chalmers University of Technology in Schweden ausgewählt, an dem auch Empa-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler beteiligt sind. Beide Projekte

Bundesrat Johann Schneider-Ammann hielt die Begrüssungsrede an der von der Empa und vom Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique (CSEM) organisierten Jahrestagung der «European Association of Research and Technology Organisations» (EARTO).

In einem der «Noise-free»-Labors am IBM-Forschungslabor in Rüschlikon wird ein Hochleistungstransmissionselektronenmikroskop (TEM) aufgebaut.

Bild: IBM Research



sollen über die nächsten zehn Jahre mit erheblichem Mitteln «aus Brüssel» gefördert werden. Gleichzeitig arbeiten die Graphen-Experten der Empa mit finanzieller Unterstützung des US Office of Naval Research an der «bottom-up»-Synthese von Graphen-Nanobändern aus geeigneten Vorläufermolekülen, um diese in Nanoelektronikschaltkreisen einzusetzen.

Im Bereich der Nanowissenschaften wurde Ende letzten Jahres auch die Einrichtung des neuen «Binnig and Rohrer Nanotechno-

logy Center» auf dem Gelände des IBM-Forschungslabors in Rüschlikon fertiggestellt. Am von der IBM und der ETH Zürich gemeinsam geführten Forschungszentrum forscht auch die Empa, und zwar an einer Reihe von Projekten, die eine exakte Strukturierung von Substraten erfordern, zum Beispiel die Entwicklung neuer Röntgenemitter mit höchster Auflösung auf Basis von Kohlenstoff-Nanoröhrchen (CNT), die regelmässig auf vorstrukturierten Substraten «wachsen». Für die exakte chemische und örtliche Analytik wird zurzeit ein Hochleistungs-Transmissionselektronenmikroskop (TEM) in einem der «Noise-free»-Labors aufgebaut. Empa-Experten waren bei der Geräteevaluation federführend und werden den Betrieb organisieren, um das Gerät bis zur maximalen Auflösung «auszureizen».

Zusammenarbeit in nationalen und internationalen Netzwerken

Anfang Mai lud die Empa gemeinsam mit dem Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique (CSEM) Partnerinstitute aus ganz Europa zur Jahrestagung der «European Association of Research and Technology Organisations» (EARTO), ein um nach der offiziellen Begrüssung durch Bundesrat Johann Schneider-Ammann über die Rolle von Forschungseinrichtungen im Innovationsprozess in Zeiten zunehmender Globalisierung, aber auch Spezialisierung zu diskutieren. Echter «Impact» und die Nutzung



Moderator Stephan Klapproth interviewt Empa-Direktor Gian-Luca Bona am Eröffnungsanlass von «Rhysearch», dem neuen Forschungs- und Innovationszentrum am NTB Buchs. Bild: Der Rheintaler

von Synergien, so der Tenor, gelingt meist nur im Verbund mit starken Partnern.

Bereits steht das nächste hochkarätige Treffen vor der Tür; die Empa steckt mitten in den Vorbereitungen für das 5. Symposium des «World Materials Research Institutes Forum» (WMRIF), das im Mai 2013 an der Empa stattfinden wird und zu dem rund 50 «Schwesterinstitute» der Empa aus der ganzen Welt in Dübendorf erwartet werden. Unter dem Motto «Materials meet Life» steht das Meeting ganz im Zeichen modernster medizinischer und medizinaltechnischer Technologien und Materialien.

2012 fiel der Startschuss für ein weiteres Netzwerk: Rhysearch, das neue Forschungs- und Innovationszentrum in Buchs. Im Zentrum arbeitet die Empa mit der ETH Zürich, dem CSEM, der Interstaatlichen Hochschule für Technik Buchs (NTB) und der Universität Liechtenstein zusammen. Ziel von Rhysearch ist es, interdisziplinäre Hightechforschung und praktische Umsetzung zu verbinden und so die Innovationskraft der Schweizer Unternehmen zu stärken. Ende Jahr nahm das Zentrum den Betrieb auf dem NTB-Campus auf.

Am «Brain Gain» arbeiten – durch Nachwuchsförderung

Um talentierte Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern an die Empa zu holen, läuft seit Januar 2013 die zweite Runde des «EMPA POSTDOC»-Programms. Die Empa vergibt nochmals mehr als 22 zweijährige Stipendien, die als COFUND-Projekt im Rahmen des Marie-Curie-Programms von der EU mitfinanziert werden.

Und der berufsbegleitende Masterstudiengang «MNT Micro- & Nanotechnology», den die Empa zusammen mit der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW), der NTB und der Fachhochschule Vorarlberg ausrichtet, wurde in Österreich erneut als aussichtsreichstes FH-Studium im Bereich Technik ausgezeichnet.

Gute Noten für die Empa-Akademie

Die Empa-Akademie organisierte im vergangenen Jahr knapp 100 Veranstaltungen. An 31 Fachtagungen nahmen rund 2400 Fachleute aus Industrie und Wirtschaft, von Verbänden und Behörden teil. Mehr als 30 wissenschaftliche Konferenzen, Kurse und Vorträge gaben rund 1400 Forschenden Gelegenheit, über aktuelle Entwicklungen in ihren Fachgebieten zu diskutieren oder Neues zu lernen. Und: Die Events kamen beim Publikum offenbar an; bei einer Durchschnittsnote von 5,4 (aus 6) bewerteten 93 Prozent der Teilnehmenden die Veranstaltungen mit «gut» oder «sehr gut».



«Briefings» mit grossem Anklang

Auf reges Interesse stiessen etwa die fünf Veranstaltungen aus der Reihe der «Technology Briefing» bzw. «Industry Briefing», die von über 500 Fachleuten besucht wurden. Besonderes Interesse fand die Zentralveranstaltung der Tage der Technik zum Thema «Die Stadt der Zukunft – die Zukunft der Stadt». 265 Interessierte fanden sich Ende Oktober ein, um mehr über intelligente Städteplanung und Städtebau im Spannungsfeld von Ökonomie, Ökologie, Politik und Gesellschaft zu erfahren. Im Vorfeld hatten Interessierte Gelegen-

heit, «self» zu besichtigen, den Prototyp einer energieautarken Raumzelle, aber auch den Leichtbauprüfstand und den Windkanal, in dem sich Wind- und Wärmesituationen in Städten simulieren und Möglichkeiten erproben lassen, das Stadtklima auf natürlichem Weg zu verbessern.

Die Events der Empa-Akademie kamen beim Publikum gut an. Im Durchschnitt bewertete es die Anlässe mit der Note 5,4 (aus 6).
Bild: Heidi Hostettler



Das «Industry Briefing» zum Thema Medizintechnik bot unter dem Motto «Von der Idee zum Medtech-Produkt» neben Fachvorträgen, in denen die Aktivitäten der Empa im Medtech-Bereich vorgestellt wurden, auch ein Speed Dating, bei dem die Teilnehmenden relevante Themen direkt mit den Experten der Empa besprechen konnten. Hier wurden Kontakte geknüpft oder vertieft bzw. neue Fragestellungen aufgeworfen. Die Bewertung aller Briefings zeigt, dass die Empa damit ein Bedürfnis aus Wirtschaft und Industrie aufgreift. Die Teilnehmenden bewerteten den Nutzen für ihre Firma mit der Note 5. Die Möglichkeit, Kontakte zu knüpfen, erreichte sogar eine 5,3. Der Gesamteindruck der Briefings wurde mit 5,4 benotet.

Internationaler Know-how-Austausch

Nachdem die internationale «Fiber Society Spring Conference» 2010 in Bursa (Türkei) und 2011 in Hongkong stattgefunden hatte, gab die Konferenz im Mai 2012 an der Empa in St. Gallen Faser- und Textilfachleuten einen Überblick über aktuelle Trends in Forschung und Entwicklung. Das Interesse war überwältigend, gingen doch doppelt so viele Vorschläge für Fachvorträge ein, wie berücksichtigt werden konnten. Insgesamt nahmen über 200 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus 20 Ländern teil. Mit nachhaltigen Baustoffen der Zukunft beschäftigte sich die «Jahrestagung Bauchemie», an der sich Mitte Oktober die Fachgruppe Bauchemie der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh) zum ersten Mal in der Schweiz, an der Empa, traf.



Tage der Technik 2012: Die Hauptveranstaltung zum Thema «Die Stadt der Zukunft – Zukunft der Stadt» fand an der Empa-Akademie statt. Bild: Heidi Hostettler

Erstklassige Forschungsergebnisse zu erarbeiten und innovative Technologien zu entwickeln ist das eine. Deren Auswirkungen auf unser tägliches Leben verständlich an den Mann (und die Frau) zu bringen, ist aber ebenso wichtig. Denn: Die Empa hat es sich ja gerade zum Ziel gesetzt, durch ihre Forschung den Weg in eine nachhaltige Zukunft zu ermöglichen.



Auf fremden Bühnen

Einige Highlights aus den Empa-Labors waren dann auch an Orten zu sehen, an denen man sie nicht unbedingt erwarten würde. Etwa an der Schlusszeremonie der Paralympics 2012 am 9. September im Londoner Olympiastadion, als plötzlich 14 Meter lange, federleichte Tensairity-Elemente über den Köpfen der rund 80 000 Zuschauerinnen und Zuschauer schwebten. Die drei halbmondförmigen Flugkörper bildeten die «Agitos» nach, das offizielle Symbol der Paralympics, und wurden von Empa-Ingenieuren entwickelt, um einst in Höhen bis 1000 Meter als fliegende Windenergieanlage zu fungieren.

Oder auf dem Jungfrauoch, wo seit dem Sommer anlässlich des 100-Jahr-Jubiläums der Jungfrauochbahnen eine permanente Ausstellung die wissenschaftliche Arbeit in der

weltweit höchstgelegenen Forschungsstation, die mit öffentlichen Verkehrsmittel erreichbar ist, mit Schautafeln und Videoinstallationen illustriert. Die Empa misst bereits seit 1973 im Sphinx-Observatorium zahlreiche Luftschadstoffe und hilft damit, die Luftqualität nicht



Die EmpaNews-App ist neu für iPad und Android erhältlich. Diese bietet zahlreiche Extra-Features wie Videos, Audiopodcasts, animierte Grafiken und weiterführende Links.



QR-Codes:
Link zur EmpaNews-App für iPad (rechts)
und Android (links)

nur im Hochgebirge, sondern europaweit zu bestimmen und zu verbessern.

Etwas bodennaher ging es im Verkehrshaus der Schweiz in Luzern zu; die Ausstellung «Sonne bewegt» zum Thema nachhaltige Mobilität, die bis Ende Oktober lief, zeigte unter anderem ein ganz besonderes «Mobile» – ein Exponat mit neun rotierenden



Die Empa misst seit 1973 auf dem Jungfrauoch zahlreiche Luftschadstoffe. 2012 stellte sie ihre Arbeit in der weltweit höchstgelegenen Forschungsstation, die mit öffentlichen Verkehrsmitteln erreichbar ist, mit Schautafeln und Videoinstallationen vor.

QR-Code: Video über die Empa-Forschung auf dem Jungfrauoch

Solarzellen, transparent und mehrfarbig. Die so genannten Grätzel-Zellen fangen dabei das Sonnenlicht mit Hilfe organischer Farbstoffe, die unter anderem in den Empa-Labors entwickelt wurden, ein (anstatt mit Siliziumkristallen wie in herkömmlichen Solarzellen). Der Vorteil: Die Zellen sind durchsichtig und funktionieren auch bei diffusem Licht, die Farbstoffe lassen sich ohne grossen Ressourcenverbrauch herstellen.

Regierungen sollten sich vor bilateralen Ressourcenabkommen in Acht nehmen – speziell vor jenen, die Entwicklungs- und Schwellenländer einbinden. Besser wäre eine neutrale, internationale Plattform für Ressourcen ähnlich der Internationalen Energieagentur (IEA), da von dieser alle profitieren würden, da sie zu mehr politischer Stabilität und tieferen Preisen führt. Im Gegensatz zur IEA, die alleine durch OECD-Länder aufgebaut worden ist, sollte die Plattform auch die Regierungen aus Entwicklungs- und Schwellenländern (z. B. China) einbeziehen. – Diese Empfehlung ist Teil der Chairman's Summary des World Resources Forum, das vom 21. bis 23. Oktober in Peking stattfand. Organisiert wird die alljährliche Ressourcenkonferenz vom WRF-Sekretariat, einem im April gegründeten Spin-off der Empa. Dieses Jahr wurde das WRF gemeinsam mit der Chinesischen Akademie der Naturwissenschaften durchgeführt, über 700 Personen nahmen daran teil. Unterstützt wurde es durch verschiedene Regierungen, Unternehmen und namhafte Ressourcenexperten aus aller Welt.

Die Wissenschaft darf ihre Verdienste nicht verstecken. Dem getreu hat die Empa am Standort St. Gallen einen Showroom eingerichtet – an bester Lage, hoch über den Dächern der Stadt.



Kontakt

Dr. Michael Hagmann
michael.hagmann@empa.ch

Besucheransturm auf die Empa

Nachdem 2011 erstmals mehr als 2000 Gäste die Empa besuchten, waren es letztes Jahr bereits knapp 2900, die sich auf rund 100 Führungen durch die Labors ein eigenes Bild von zahlreichen Empa-Innovationen machen konnten. Die Besucherliste umfasste etwa das internationale Klimabündnis, die Regierungen der Kantone Thurgau und Appenzell Ausserrhoden, die Schweizer Verwaltungsrichter sowie die Jahresversammlung der Wirtschaft Region St. Gallen (WISG) und verschiedene Fachgruppen des Branchenverbands Swissmem. Insgesamt war das Interesse dermassen gross, dass nicht alle, die die Empa gerne besucht hätten, auch eingeladen werden konnten. Daher hat sich die Empa entschieden, ein neues Konzept für ihre Besucherführungen zu erarbeiten.

Rund 200 Interessierte kamen zu den drei Wissenschaftsapéros, die die Empa regelmässig zu aktuellen Themen für die breite Öffentlichkeit organisiert. Dabei ging es beispielsweise um Themen wie die Klimaänderung und ihre Auswirkungen auf die Schweiz. Beleuchtet wurde, wie Emissionen gemessen werden können und welche Auswirkungen die Klimaänderung auf die hiesige Landwirtschaft haben kann.

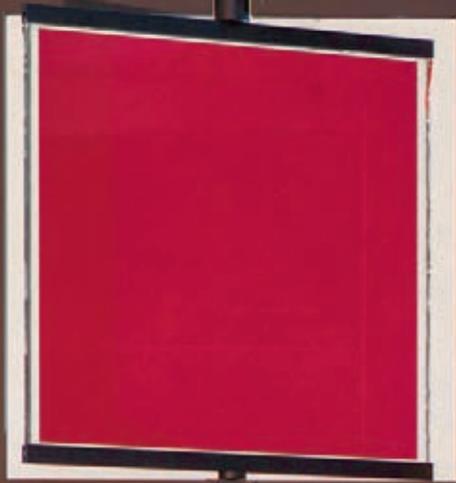
Empa-Forschung für iPad und Co.

Doch auch diejenigen, die nicht persönlich an die Empa kommen konnten, können sich seit Kurzem multimedial und interaktiv über das Neueste aus den Empa-Labors auf dem Laufenden halten – durch die neue EmpaNews-App für iPad und Android. Dadurch wird das Forschungsmagazin noch attraktiver, ist immer und überall verfügbar und bietet erst noch zahlreiche Extrafeatures wie Videos, Audiopodcasts, animierte Grafiken und weiterführende Links.



QR-Code:
Youtube-Video «Empa-Solarfenster im Verkehrshaus der Schweiz»

Empa-Exponat an der Ausstellung «Sonne bewegt» zum Thema nachhaltige Mobilität im Verkehrshaus der Schweiz in Luzern.



sonne

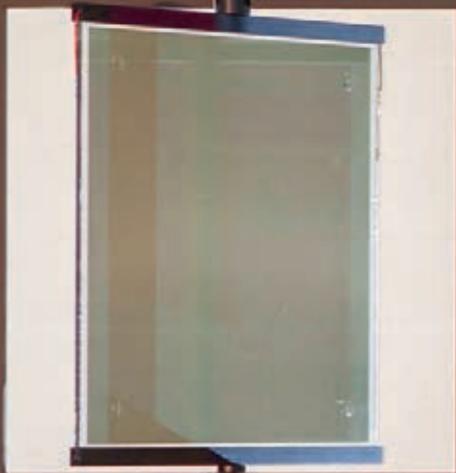


energie

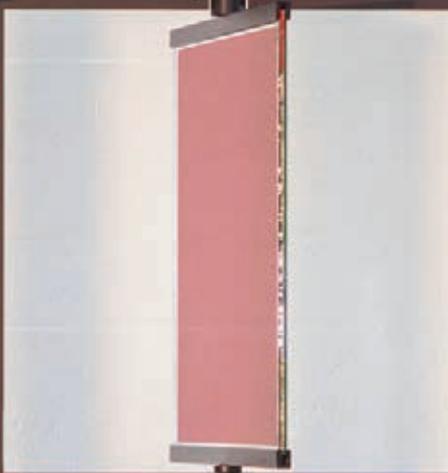


transparenz

farbe



soleil



énergie

transparence

couleur



Ein neues Zuhause für Gäste aus aller Welt

Mit Forschenden aus mehr als 50 Nationen ist die Empa ein internationales Institut. Um den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus aller Welt für die Zeit ihres Aufenthalts ein Zuhause bieten zu können, wurde letztes Jahr das neue Gästehaus der Empa und der Eawag fertiggestellt.



Nachwuchsförderung auf allen Ebenen

Neben dem internationalen Austausch spielt auch die Nachwuchsförderung für die Empa eine wesentliche Rolle. Mit den bereits seit mehreren Jahren durchgeführten Veranstaltungen «Sommercamp» und «Nationaler Zukunftstag» versucht die Empa das Interesse an den Naturwissenschaften und Technik bereits im Primarschulalter zu wecken. Etwas ältere Schüler konnten sich letztes Jahr an der Schweizer Ausscheidung für den Physik-Weltcup an der Empa messen. Und mit den Programmen «Fix the leaky pipeline!» und «EMPA POSTDOCS COFUND» betreibt die Empa ausserdem eine aktive Laufbahnförderung für junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler.

Frauenlunch neu gestartet

Dem Business-Lunch «Women meet Women» wurde nach längerer Pause mit einem neuen Konzept neues Leben eingehaucht, denn das Bedürfnis nach einem professionellen Netzwerk für Frauen ist nach wie vor gross. Mit Vorträgen zu unterschiedlichsten Themen bietet die Plattform die Möglichkeit sich auszutauschen, sich kennenzulernen und gegen-

Gästehaus am Standort Dübendorf: Die Empa bietet hier ihren akademischen Gästen Wohnraum in unmittelbarer Nähe des Arbeitsorts.

seitige Unterstützung zu bieten. Die Vereinbarkeit von Beruf und Familie sowie die Karriereplanung sind wichtige Schwerpunkte. Mit Brigitte Buchmann als neuer Leiterin des Departements «Mobilität, Energie und Umwelt» ist letztes Jahr wieder eine Frau in die Empa-Direktion ernannt worden.



Lenny Winkel (rechts) vermittelte den Teilnehmerinnen am Businesslunch einen Eindruck, was es heisst, im Ausland zu arbeiten.

Organigramm 2013

Forschungsschwerpunkte

Nanostrukturierte Materialien

Dr. Pierangelo Gröning

Sustainable Built Environment

Dr. Peter Richner

Gesundheit und Leistungsfähigkeit

Prof. Dr. Harald Krug

Natürliche Ressourcen und Schadstoffe

Dr. Brigitte Buchmann

Energie

Dr. Xavier Edelmann

LEITUNG

Direktor	Stv. Direktor	Mitglieder
Prof. Dr. Gian-Luca Bona	Dr. Peter Richner	Dr. Pierangelo Gröning Dr. Brigitte Buchmann Prof. Dr. Harald Krug Dr. Xavier Edelmann Dr. Urs Leemann
Medientechnik		
Prof. Dr. Klaus Simon		

DEPARTEMENTE

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

Wissens- und Technologietransfer

Empa-Akademie
Dr. Anne Satir

**glaTec – Technologiezentrum
in Dübendorf**
Mario Jenni

**tebo – Technologiezentrum
in St. Gallen**
Peter Frischknecht

**Netzwerk
Zuverlässigkeitstechnik**
Dr. Urs Sennhauser

**International Research
Cooperations**
Prof. Dr. Gian-Luca Bona



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

Mobilität, Energie und Umwelt

Dr. Brigitte Buchmann

Festkörperchemie und -katalyse

Prof. Dr. Anke Weidenkaff

Analytische Chemie

Dr. Heinz Vonmont

Luftfremdstoffe/Umwelttechnik

Dr. Lukas Emmenegger

Verbrennungsmotoren

Christian Bach

Wasserstoff und Energie

Prof. Dr. Andreas Züttel

Technologie und Gesellschaft

Heinz Böni a. i.

Support

Dr. Urs Leemann

Bibliothek (Lib4RI)

Dr. Lothar Nunnenmacher

Informatik

Dr. Christoph Bucher

Konstruktion/Werkstatt

Stefan Hösli

Finanzen/Controlling/Einkauf

Heidi Leutwyler

Kommunikation

Dr. Michael Hagmann

Facility Management

Peter Wegmann

Personal

André Schmid

Marketing, Wissens- und Technologietransfer

Gabriele Dobenecker

Bau 3 FI/Technischer Dienst

Hannes Pichler

Gremien der Empa

ETH-Rat

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

PRÄSIDENT

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

VIZEPRÄSIDENT

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

MITGLIEDER

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

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

Beatrice Fasana Arnaboldi [Dipl. Ing.](#) ETH, BeFood Consulting, Balerna

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

Beth Krasna [Dipl. Ing.](#) ETH, EPF Lausanne

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

Jasmin Staiblin [Dipl. El.-Ing.](#), Landeschefin ABB Schweiz, Baden

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

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

Industrial Advisory Board

Das Industrial Advisory Board ist ein 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

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

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

Forschungskommissionen

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

FORSCHUNGSKOMMISSION

Alex Dommann [Dr.](#), CSEM, Zürich

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

Karl Knop [Dr.](#), Zürich

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

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

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

INTERNATIONAL PEER REVIEW COMMITTEE

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

Bengt Kasemo [Prof. Dr.](#), Chalmers University of Technology, Schweden

Erkki Leppävuori [Prof. Dr.](#), VTT, Finnland

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

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

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

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

Christiane Ziegler [Prof. Dr.](#), Technische Universität Kaiserslautern, Deutschland

Zahlen und Fakten

Exzellente Forschung und Industrienähe – dass dies kein Widerspruch sein muss, hat die Empa erneut demonstriert. So zeigt eine Analyse der Universität Leiden zum wissenschaftlichen Output, dass die Empa bei den massgeblichen Indikatoren Werte erzielt, die sie in den Top-20 der weltweit besten Universitäten platziert hätten. Und eine SBFI-Bestandsaufnahme der EU-Projekte in der Schweiz unterstreicht die internationale Vernetzung der Empa; nur die EPFL ist an mehr EU-Projekten beteiligt. Daneben steigerte die Empa die Anzahl ihrer KTI-Projekte markant von 80 auf 108, vor allem aufgrund der Sondermassnahmen gegen die Frankenstärke. Zweit- und Drittmittel nahmen daher im Vergleich zum Vorjahr um 15 Prozent zu. Gleichzeitig hat die Empa den Technologietransfer weiter ausgebaut; sie meldete 50 Prozent mehr Patente an als 2011 und schloss 150 neue Forschungs- und Entwicklungsvereinbarungen ab.

WISSENSCHAFTLICHER OUTPUT

	2011	2012
ISI-Publikationen	500	509
Konferenzbeiträge	1094	1043
Doktoratsabschlüsse	40	44
Laufende Doktorate	146	160
Lehrtätigkeit (in Stunden)	3637	3500
Preise/Auszeichnungen	27	37

EMPA-AKADEMIE

	2011	2012
Empa-Veranstaltungen	91	95
Teilnehmende	5000	4000
Wissenschaftliche Tagungen	11	9
Fachveranstaltungen für die Wirtschaft	38	31

WISSENS- & TECHNOLOGIETRANSFER

	2011	2012
Neue F&E-Vereinbarungen	103	150
Aktive Verwertungsverträge (Lizenz/Option/Verkauf)	67	87
Neue Verwertungsverträge	15	33
Neue Patentanmeldungen	12	18

PERSONALBESTAND (PER 31. DEZEMBER 2012)

	2011	2012
Wissenschaftliches Personal	523	519
Davon ProfessorInnen	27	27
Davon Doktorierende	115	119
Davon wissenschaft. Personal ohne Prof./Doktorierende	381	376
Technisches/administratives Personal	436	446
Davon Lernende	41	42
Total	959	965

LAUFENDE PROJEKTE

	2011	2012
SNF	94	99
KTI	80	108
EU-Projekte	51	64

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

	2011	2012
Firmen gesamt	32	29
Davon Spin-offs	11	15
Mitarbeitende gesamt	166	197
Davon Mitarbeitende der Spin-offs	63	87

MEDIENPRÄSENZ

	2011	2012
Radio & TV	120	88
Print	1097	945
Online	1773	1938
Total	2990	2971
Sprachen	32	34

ERFOLGSRECHNUNG (IN MIO. CHF)

	2011	2012
Ertrag		
Finanzierungsbeitrag Bund	96,9	97,8
Massnahmen «Frankenstärke»	2,5	0,0
Zweit-/Drittmittel	51,7	59,4
Davon Dienstleistungserlöse	13,1	13,3
Übrige Erträge	5,0	2,6
Finanzerträge	0,0	0,0
Total Ertrag	156,1	159,8
Aufwand		
Personalaufwand	103,1	105,8
Materialaufwand	5,6	6,0
Übriger Sachaufwand	39,0	35,9
Veränderung Leistungsversprechen	3,2	3,3
Zunahme Rückstellungen für Projekte	2,2	3,8
Total Aufwand laufende Aktivitäten	153,1	154,8
Gesamtergebnis	3,0	5,0
Investitionen		
Immobilien	2,9	3,8
Mobilien	10,1	8,4
Informatik	1,0	0,2
Total Investitionen	14,0	12,4

Empa. Materialforschung und Technologie.



Materials Science & Technology

CH-8600 Dübendorf
Überlandstrasse 129

Telefon +41 58 765 11 11
Telefax +41 58 765 11 22

CH-9014 St. Gallen
Lerchenfeldstrasse 5

Telefon +41 58 765 74 74
Telefax +41 58 765 74 99

CH-3602 Thun
Feuerwerkerstrasse 39

Telefon +41 58 765 11 33
Telefax +41 33 228 44 90

www.empa.ch

ClimatePartner^o
klimaneutral

Druck | ID: 53232-1304-1016

