

Jahresbericht 2016



Empa

Materials Science and Technology

Unsere Vision.

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

4

Vorwort

6

Das Jahr im Rückblick

11

Ausgewählte Projekte

57

Research Focus Areas

81

Von der Forschung zur Innovation

107

Zahlen und Fakten

121

Jahresrechnung 2016

174

Bericht der Revisionsstelle

Titelbild: Röntgendiffraktometer zur Materialanalyse.

Im Zentrum für Röntgenanalytik können damit Kristallstrukturen von Materialien bestimmt und unter Anwendungen von Temperaturgradienten Phasentransformationen *in situ* beobachtet werden. Bild: Adrian Moser

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

© Empa 2017 – ISSN 1424-2176 Jahresbericht Empa

ClimatePartner^o
klimaneutral

Druck | ID 53232-1704-1002





Materialien in einer digitalisierten Welt

Letztes Jahr haben mich vor allem zwei Vorträge an der Empa zum Nachdenken über gesellschaftliche und technische Entwicklungen angeregt. Zum einen zeigte Gerd Folkers, der Präsident des Schweizer Wissenschafts- und Innovationsrats, auf, dass sich die Anzahl der Forschenden sowie deren Währung, die Zahl der Publikationen, in den letzten Jahren vervielfacht hat und dass sich Forschung in vielen Bereichen weg von den reinen Grundlagenfragen hin zu ökonomisch verwertbarem Wissen entwickelt. Was bedeutet das für unsere Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen? Sie sollten sich stets das Ziel jeglichen Forschens vor Augen halten: die Grenzen des Wissens zu verschieben. Das gelingt ihnen nur, wenn sie sich Freiräume für kreatives Denken und Hinterfragen erhalten und sich nicht durch eine globalisierte Konkurrenz dazu verleiten lassen, den Lebenslauf mit «gehypten» Publikationen aufzupolieren.

Zum anderen hat Alessandro Curioni, Direktor des IBM-Forschungszentrums in Rüschlikon, aktuelle Entwicklungen im «Cognitive Computing» präsentiert – also Computersysteme, die wie unser Hirn in der Lage sind, unstrukturierte Daten zu erfassen, auszuwerten, daraus zu lernen und sie zusammengefasst oder gar weiterverarbeitet zur Verfügung zu stellen. So kann man etwa neue Legierungen entwickeln, die sich durch die Kombination verschiedener Materialklassen optimieren lassen. Es birgt aber auch die Gefahr, dass Computer für bestimmte Fragestellungen den Menschen (bzw. den Forschenden) obsolet machen, da sie diese Aufgaben schlicht besser lösen können.

Besonders interessant ist es, die Aussagen der beiden Vorträge zu kombinieren. Die enorme Datenmenge, die in der heutigen Forschung generiert wird – allein in den Materialwissen-

schaften werden jedes Jahr hunderttausende von Publikationen veröffentlicht –, kann vom menschlichen Gehirn gar nicht mehr verarbeitet werden. Ein Computer, der menschlichen Denkmustern nachempfunden ist, kann die Forschenden hierbei unterstützen und dadurch Gestaltungsfreiräume schaffen, damit sich Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen wieder vermehrt in unbekannte Gebiete vorwagen und kreativ mit Ideen spielen, anstatt nur nackte Daten zu veröffentlichen, die sich gut verkaufen lassen, da das Forschungsthema gerade «in» ist.

«Cognitive Computing» ist allerdings nur ein Teil der derzeit rasant voranschreitenden Digitalisierung, die auch an der Empa in vollem Gange ist. Immer mehr investieren wir in rechnerische Simulationen und die Modellierung wissenschaftlicher Fragestellungen. Im «Coating Competence Center» (CCC) und im «Center for Advanced Manufacturing» (CAM), wo neue Materialien für die additive Fertigung entstehen, wird quasi die Zukunft der Herstellungsverfahren vorweggenommen – und die verläuft grösstenteils digital, sei es in der Planung, im Produktdesign, in der Qualitätskontrolle oder beim Optimieren der Distributionskanäle. Ausserdem arbeiten wir daran, die zwei Demonstratoren NEST und move durch einen dritten, ehub, energetisch zu verknüpfen und intelligent zu steuern.

Alle Forschungsplattformen der Empa – NEST, move, ehub, CCC und CAM – sind offen für Projekte im Bereich «Internet of Things» (IoT) und Industrie 4.0. Gemeinsam mit unseren Partnern aus Industrie, Wirtschaft und Forschung möchten wir ein Ökosystem für «Open Innovation» schaffen. Der durch die Digitalisierung markant beschleunigte technologische Wandel betrifft uns alle, deshalb müssen wir ihn gemeinsam gestalten und lenken. Damit die Schweiz davon bestmöglich profitieren kann.



Prof. Dr. Gian-Luca Bona, Direktor

01

Feuerfester Beton

Wissenschaftler der Empa entwickelten ein Verfahren zur Herstellung von feuerbeständigem, selbstverdichtendem Hochleistungsbeton, der dank Polymerfasern selbst bei Bränden lange stabil bleibt. Beim Brand schmelzen die Fasern; ein Netzwerk von Kanälen bleibt und durchzieht den Beton. Dieses lässt den Wasserdampf entweichen, der Innendruck sinkt, das Betonteil bleibt intakt.

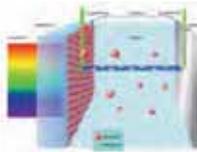
Würdigung für Umweltforscher

«Thomson Reuters» hat Empa-Forscher Bernd Nowack in die Liste der «Highly Cited Researchers» 2015 aufgenommen. Im Fachgebiet «Umwelt/Ökologie» ist Nowack einer von weltweit 132 Forschern, die derart ausgezeichnet wurden.



02

Strom durch künstliche Photosynthese



Um aus einer Brennstoffzelle saubere Energie zu erhalten, ist es entscheidend, wie Wasser zuvor in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten wurde. Die Empa und die Universität Basel arbeiten gemeinsam an einer Methode, bei der sich Sonnenlicht direkt dazu einsetzen lässt.

Seite 12

Saubere Flugzeugturbinen

Die Empa hat mit Partnern ein Verfahren für die Messung von Feinstaubpartikeln aus Flugzeugtriebwerken entwickelt – und damit international Massstäbe gesetzt. Die internationale Zivilluftfahrtorganisation (ICAO) hat dank dieser Arbeiten eine erste Vorschrift für die Emission von Feinstaubpartikeln aus Flugzeugtriebwerken verabschiedet.

Seite 15

03

EU-Projekt «TREASURES» abgeschlossen

Ein europäisches Forscherteam unter Leitung der Empa entwickelte biegsame, leuchtende Module, die sich wie eine Zeitung drucken lassen. Diese Technik legt den Grundstein für kostengünstige Solarzellen und LED-Leuchtfelder.

Seite 18

Mehr Raum für STARTFELD



Die Förderplattform macht einen bedeutenden Schritt vorwärts. Sie hat in St. Gallen neben der Empa ein Innovationszentrum eröffnet. Dieses soll ein Kristallisationspunkt für innovative Jungunternehmen und KMU der Ostschweiz sein.

04

«Coating Competence Center» eröffnet

Im neuen Beschichtungszentrum der Empa finden massgeschneiderte Oberflächentechnologien den Weg aus den Forschungslabors zur marktfähigen Industrieanwendung.

Seite 48



Wundersame Asphalt-Heilung

Ein Forscherteam der Empa hat ein Verfahren entwickelt, das brüchigen Asphalt praktisch «von selbst» heilen kann. Inspiriert hat sie eine Methode aus der Krebsbehandlung, die auf Nanopartikeln basiert.

05

Gebäude der Zukunft eröffnet



Am 23. Mai 2016 wurde das modulare Experimentgebäude NEST auf dem Campus von Empa und Eawag im Beisein von Bundespräsident Johann Schneider-Ammann eröffnet.

Seite 42

Wege der Nanopartikel in der Umwelt

Kohlenstoffnanoröhrchen bleiben jahrelang in Werkstoffen gebunden. Nano-Titandioxid und Nano-Zink werden hingegen relativ rasch aus Kosmetika ausgewaschen und reichern sich im Boden an. So lautet das Ergebnis eines neuen Modells von Forschenden unter Leitung der Empa im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms «Chancen und Risiken von Nanomaterialien» (NFP 64), das die Flüsse der wichtigsten Nanomaterialien in der Umwelt nachzeichnet.

06

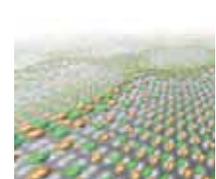
Tera incognita

Terahertz-Strahlung ist so ungefährlich wie eine lauwarme Tasse Tee, doch sie kann Textilien durchdringen und die Hautoberfläche abtasten. Empa-Forscher wollen mit dieser Technik unter anderem erforschen, warum Babys, verschwitzte Wanderer und bettlägerige Senioren sich wund scheuern.



Wassertropfen auf Oberflächen

Ein internationales Forscherteam mit Beteiligung der Empa hat ein System entwickelt, mit dem sich zwischen Adhäsions- und Haftreibungsverhalten eines Wassertropfens auf einer festen Oberfläche elektrisch hin- und herschalten lässt. Interessant ist das neue System etwa für biologische Anwendungen.



07

Zusammenarbeit mit Korea

Das «Korea Research Institute of Standards and Science» (KRISS) eröffnete in St. Gallen ein Büro und verstärkt damit die Zusammenarbeit mit der Empa im Bereich der Nanosicherheitsforschung.



Neues Journal für Nanosicherheit

Empa-Forscher Bernd Nowack ist einer der Chefredaktoren des im Mai lancierten Fachjournals «NanolImpact», des ersten Journals mit Fokus auf Nanosicherheitsforschung. Es hat zum Ziel, das ganze Spektrum dieses multidisziplinären Forschungsgebiets abzudecken und zu bündeln.

Seite 92

08

4000 Gäste zu Besuch



Seit 20 Jahren entwickelt die Empa im modernen Gebäude im St. Galler «Moos» Materialien und Technologien für die Zukunft. Grund genug, zu feiern und die Türen für das Publikum zu öffnen. Knapp 4000 Personen folgten der Einladung und liessen sich auf drei Forschungspfaden zeigen, woran an der Empa geforscht wird.

Wasserstoff-Kehrfahrzeug

Ein wasserstoffbetriebenes Kehrfahrzeug reinigt die Strassen in Dübendorf. Das von der Empa zusammen mit dem Paul Scherrer Institut und Bucher Municipal entwickelte Fahrzeug wird von der Stadt Dübendorf während zwei Jahren in der Praxis erprobt. Betankt wird das Fahrzeug an der Empa, wo Wasserstoff aus erneuerbarer Elektrizität erzeugt wird.



09

Einkristall misst Radioaktivität

Forscher der Empa und der ETH Zürich haben Einkristalle aus Blei-Halogenid-Perowskiten entwickelt, die radioaktive Strahlung sehr exakt messen können. Die Entdeckung könnte den Preis vieler Radiodetektoren deutlich senken – etwa bei Scannern im Sicherheitsbereich, bei tragbaren Dosimetern in Kraftwerken und bei Messgeräten in der medizinischen Diagnostik.

Seite 28

Rosetta-Mission beendet



Nach zwölf Jahren ging die Mission der Raumsonde «Rosetta» zu Ende. Auf ihrem Zielkometen «Tschuri» fand die Sonde, die auch von der Empa entwickelte Analysegeräte an Bord hatte, ihre letzte Ruhestätte.

10

700-bar-Wasserstofftankstelle



Die Empa hat die erste Wasserstofftankstelle der Schweiz für Personenvagen mit einem Fülldruck von 700 bar. Sie ist Teil des Mobilitätsdemonstrators «move» und wird für verschiedene Projektfahrzeuge der Empa sowie für Wasserstofffahrzeuge von privaten Besitzern genutzt.

Seite 45

Peptide vs. Superkeime

Diverse Peptide wirken antibakteriell – werden jedoch im menschlichen Körper viel zu schnell zersetzt. Empa-Forschenden ist es nun gelungen, ihre Lebensdauer zu verlängern, indem sie sie in eine Art Schutzmantel hüllen. Ein wichtiger Schritt, denn Peptide gelten als eine mögliche Lösung im Kampf gegen antibiotikaresistente Bakterien.

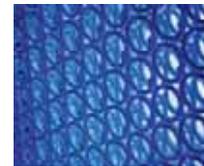
Seite 31

11

Ausgezittert

Die am Computer entworfenen Strukturen eines fononischen Kristalls können Schwingungen bestimmter Frequenzen schlucken. Das revolutionäre Dämmmaterial lässt sich im 3-D-Drucker herstellen und könnte eine neue Ära mechanischer Dämpfung einläuten.

Seite 34



Ausgezeichnete Flammenschutzmittel

Der «Empa Innovation Award 2016» ging an den Chemiker Sabyasachi Gaan und sein Team. Prämiert wurden sie für die Entwicklung eines neuen, ungiftigen und umweltfreundlichen Flammenschutzmittels, das für die Produktion flammfester Polyurethanschäume eingesetzt werden kann. Diese stecken unter anderem in Matratzen, Sitzpolstern und Isolationsmodulen für Hausfassaden.

12

Magnete statt Antibiotika

Eine neue Behandlungsmethode bei Blutvergiftungen: Dazu wird das Blut mit magnetischen Eisenpartikeln versetzt, die die Bakterien an sich binden, ehe sie durch Magnete aus dem Blut entfernt werden. Erste Laborversuche an der Empa waren vielversprechend.

Seite 32

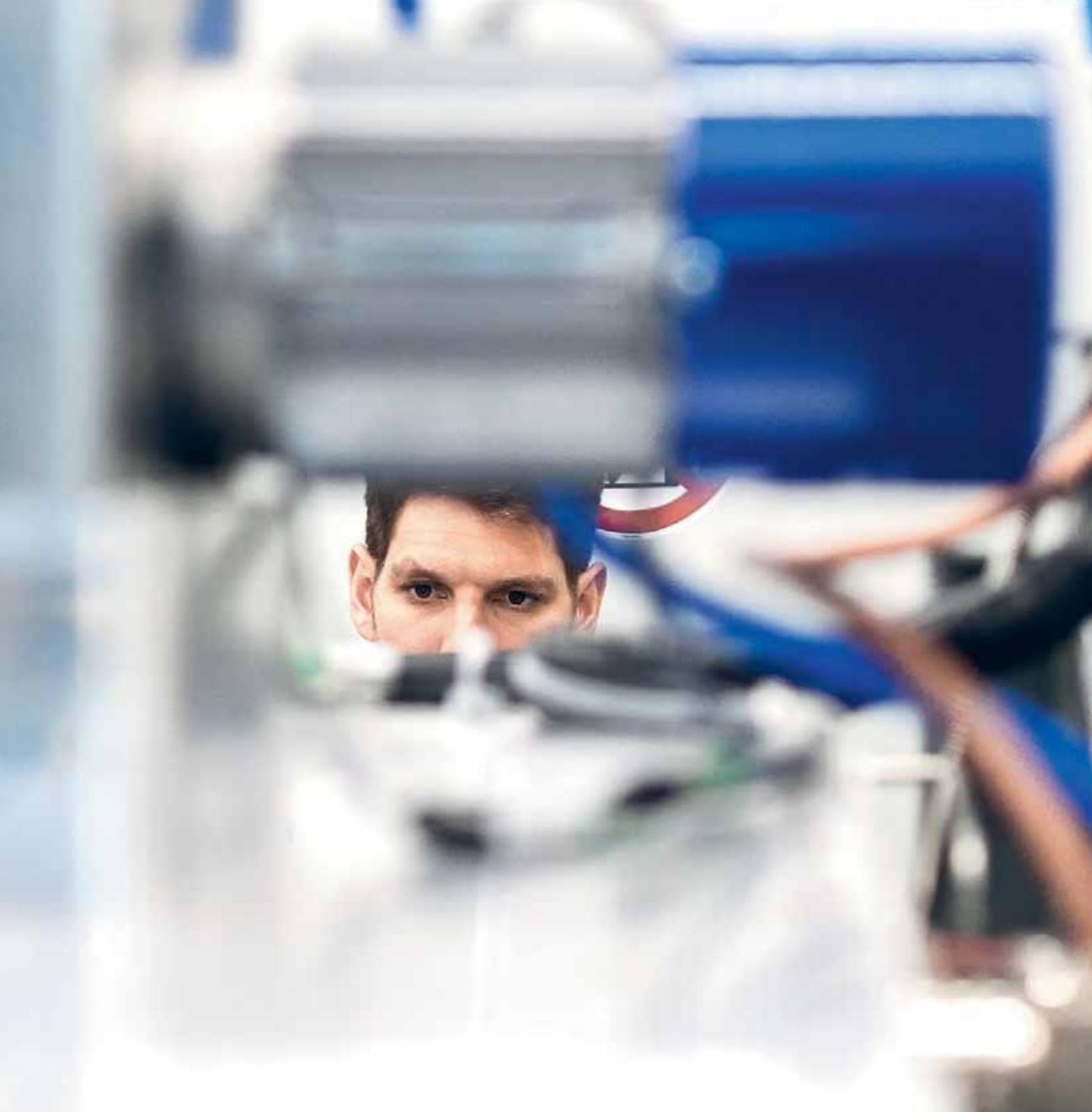
Gegen kriechende Stromkabel



Schweizer Überlandleitungen leiden unter Alterserscheinungen und können durch Stromüberlast beschädigt werden. Wie lange halten sie noch? Empa-Forscher haben ein Werkzeug entwickelt, mit dem sich der Alterungsprozess überwachen lässt.

Seite 70







Ausgewählte Projekte

Neue Materialien erforschen und innovative Technologien vorantreiben; Impulse setzen für eine nachhaltige Entwicklung unserer Gesellschaft; die wissenschaftlichen Grundlagen schaffen für politische und gesellschaftliche Entscheide – das sind zentrale Ziele der Empa, die sie durch Forschung und Entwicklung, über Kooperationen und Partnerschaften, via Dienstleistungen, Expertisen und Consulting verfolgt. Die folgenden «Snapshots» aus den Labors geben einen Einblick in die vielfältigen Forschungsaktivitäten der Empa.

Saubere Energie aus Wasser und Sonnenlicht

Saubere und erneuerbare Energiequellen zu entwickeln, ist eine der grossen Herausforderungen unserer Zeit. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler rund um den Globus suchen nach Alternativen zur Energiegewinnung aus fossilen Brennstoffen. Die künstliche Photosynthese wird dabei als erfolgversprechender Ansatz verfolgt. Dabei wird Wasser (H_2O) mit Hilfe von Sonnenlicht in seine Bestandteile Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O_2) aufgetrennt und gespeichert. Bei der späteren Reaktion der beiden Elemente in einer Brennstoffzelle entsteht wiederum elektrischer Strom.

Die Natur macht es vor

Pflanzen betreiben seit Urzeiten Photosynthese; diese dient der Wissenschaft als natürliches Vorbild. Auch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Empa entwickeln mit ihren Partnern an den Hochschulen in Basel, Lausanne, Zürich und im Ausland Ideen, die natürliche Photosynthese zu kopieren. Im einfachsten Ansatz wird Wasser mittels Solarstrom elektrolytisch in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten. Sonnenlicht mit Solarzellen zu ernten und die Elek-

trolyse von Wasser sind Prozesse, die prinzipiell getrennt voneinander ablaufen (können). Auf mikroskopischer Ebene lassen sie sich allerdings auch vereinigen. Man spricht dann von «direkter Umwandlung». Wird das Treibhausgas CO_2 in diese direkte Umwandlung mit einbezogen, kann man Kohlenwasser-

stoffe herstellen, womit der gesamte photosynthetische Kreislauf geschlossen ist. Die technische Durchführung erfolgt in sogenannten fotoelektrochemischen Zellen (PEC-Zellen). Eine solche hat die Empa bereits 2011 präsentiert. Man kann sie sich als ein mit Wasser gefülltes Gefäss mit einer Fotoelektrode und einer Gegenelektrode vorstellen. Dieses integrierte System ist prinzipiell kostengünstiger als die Kombination von Solarzellen mit einem Elektrolyseur.

Auf dem Weg zu ihren theoretisch 40 Prozent Effizienz haben PEC-Zellen gerade eine Effizienz von über

7 Prozent erreicht. 15 Prozent werden als realistisches Nahziel gesehen. Wichtige Faktoren zur Optimierung sind die präzise Anordnung der einzelnen Bestandteile wie auch besonders leistungsfähige und stabile fotoaktive Materialien. Insbesondere

310

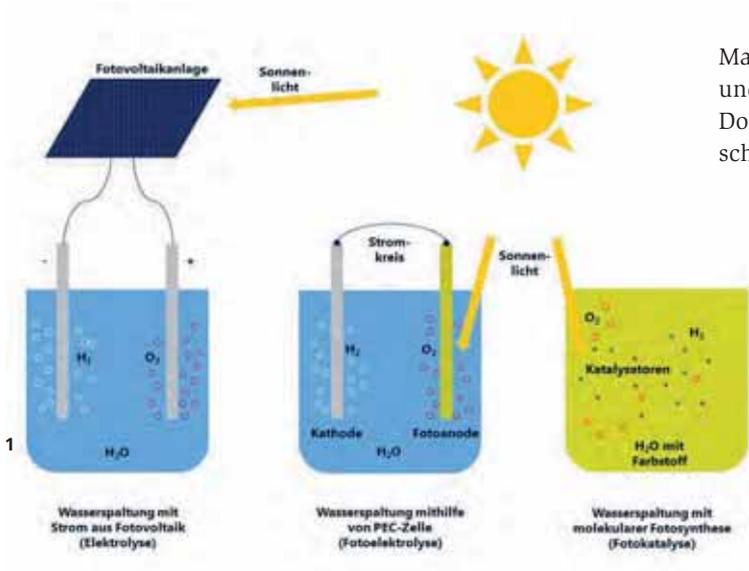
Milliarden Kubikmeter Wasserstoff wurden 1999 weltweit aus fossilen Energieträgern hergestellt. In einer nachhaltigen Energiewirtschaft kann Wasserstoff aus erneuerbaren Energien wie Wind, Wasserkraft und Sonnenlicht produziert werden.

1

Prototyp einer fotoelektrochemischen Zelle (PEC-Zelle) zur Herstellung von solarem Wasserstoff.



1



Materialien für die Fotoelektrode, die das Sonnenlicht erntet, und Elektrokatalysatoren sind Gegenstand der Forschung. Doch alle bereits verwendeten Materialien ziehen über verschiedene Mechanismen Effizienzverluste nach sich und senken dadurch die Leistungsfähigkeit der Fotoelektrolyse. Kürzlich präsentierte eine Forschungsgruppe der Empa eine Strategie, mit der sie eine solche Verlustquelle ausmerzte: Die Wissenschaftler gaben einer Fotoanode aus Rost und Wolframoxid die Struktur eines Mottenauges. Hierdurch konnte die Effizienz der Fotoanode verdoppelt werden.

Weiteres Verfahren mit Potenzial

Vor Kurzem gelang es, die Wasserspaltung in einem molekularen System in wässriger Lösung nachzuahmen – die in PEC-Zellen eingesetzten Elektroden entfallen dadurch. Dieses Verfahren entspricht der bekannten Fotokatalyse, mit der die Wissenschaftler dem Vorbild der Natur noch ein Stück näher kommen wollen. Sie konzentrieren sich darauf, einzelne Schritte zu optimieren, etwa indem chlorophyllähnliche Farbstoffe oder die Katalysatoren für die Wasserspaltung und die CO_2 -Reduktion verbessert werden. Mittels modernster Methoden untersuchen die Empa-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die molekularen Reaktionsmechanismen der Absorbermoleküle und Katalysatoren, um deren Zusammenwirken besser zu verstehen und so der Energiegewinnung mittels künstlicher Fotosynthese zur Marktreife verhelfen. //

1
Drei unterschiedliche Ansätze der künstlichen Fotosynthese: Die Fotokatalyse kommt der natürlichen Fotosynthese am nächsten. Aufgrund von Effizienzvorteilen kommt zurzeit aber vor allem die Fotoelektrolyse in sogenannten PEC-Zellen zur Anwendung.

Saubere Flugzeugturbinen für das Fliegen von morgen

Seit den 1980-er Jahren müssen grosse Flugzeugtriebwerke Schadstoffgrenzwerte erfüllen, die im Laufe der Jahre schrittweise verschärft wurden. So ist der Schadstoffbeitrag durch den Flugverkehr heute in der Schweiz relativ gering, und auch die Zeiten, als die Jet-Triebwerke weit sichtbare Rauchfahnen hinterliessen, sind passé. Nicht gelöst ist dagegen der Ausstoss ultrafeiner Russpartikel durch Triebwerke. Diese mikroskopisch kleinen Teilchen können bis tief in die Lunge eindringen und dadurch die Gesundheit beeinträchtigen. Gemäss dem Vorsorgeprinzip sollen auch diese Emissionen aus dem Luftverkehr nun reguliert und gesenkt werden.

Zusammenarbeit Forschung, Industrie und Bundesamt

Die Messung von ultrafeinen Russpartikeln aus Flugzeugtriebwerken ist technisch äusserst anspruchsvoll. In Zusammenarbeit mit SR Technics und dem Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) haben Empa-Experten in jahrelanger Arbeit ein Testverfahren entwickelt, mit dem der Feinstaubausstoss von Flugzeugtriebwerken standardisiert gemessen werden kann.

Inzwischen haben sie sowohl das Messsystem wie auch die Instrumentierung bis zur Einsatzreife weiterentwickelt. Das Messsystem liefert neben der Masse der ausgestossenen Partikel auch deren Anzahl pro Kilogramm Treibstoff. Dabei werden selbst die kleinsten Partikel mit einem Durchmesser von einem hunderttausendstel Millimeter – also 10 Nanometer – erfasst.

Die Arbeiten für einen neuen weltweiten Standard wurden durch das BAZL in Partnerschaft mit der amerikanischen Luftfahrtbehörde FAA geleitet. Das Umweltgremium der internationalen Zivilluftfahrtorganisation ICAO hat am 2. Februar 2016 in Montreal die von BAZL, SR Technics und

Empa massgeblich entwickelte Vorschrift angenommen. Die Adaption der Vorschrift in den ICAO-Mitgliedstaaten findet dieses Jahr statt.

Alle ab 1. Januar 2020 in Produktion befindlichen Triebwerktypen für Passagierflugzeuge müssen dann nach der neuen Vorschrift zertifiziert werden. Die meisten Triebwerkhersteller haben dank eigener vorschriftskonformer Messsysteme bereits mit der Nachmessung ihrer Triebwerke begonnen. Und in

1/100 000

**Millimeter im Durchmesser messen
die kleinsten Russpartikel, die das
Empa-Messsystem erfassen kann.**



1



Erwartung noch strengerer Emissionsgrenzwerte werden auch bereits Massnahmen zur weiteren Reduktion des Schadstoffausstosses entwickelt, durch die Verwendung alternativer Treibstoffe und effizientere Verbrennungstechnologien.

Zudem wollen die Empa-Forscher der Frage nachgehen, welche Auswirkungen die Feinpartikel auf Gesundheit und Umwelt haben. Denn im Gegensatz zur Mobilität auf den Strassen ist über die Emissionen des Luftverkehrs vergleichsweise wenig bekannt. Die Empa untersucht beispielsweise, ob die Triebwerkemissionen erbgutschädigende und krebserzeugende Stoffe enthalten. //

1
In Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Zivilluftfahrt und SR Technics hat die Empa massgeblich zur Entwicklung des ersten weltweit gültigen Standards für Feinstaubemissionen beigetragen.
Bild: iStockphoto

2
Diese Boeing 707 hinterlässt beim Start im Juni 1960 vom Flughafen in Los Angeles eine deutlich sichtbare Wolke.
Bild: Charlie Atterbury, Seattle

Im Projekt «TREASORES» (Transparent Electrodes for Large Area Large Scale Production of Organic Optoelectronic Devices) gelang es europäischen Forschern, die Beleuchtungstechnik der nächsten Generation zur Marktreife zu bringen. Sie entwickelten biegsame, leuchtende Module, die wie eine Zeitung im sogenannten Rolle-zu-Rolle-Verfahren gedruckt werden können. Diese Technik legt den Grundstein für kostengünstige Solarzellen und LED-Leuchtflächen der Zukunft.

TREASORES wurde an der Empa koordiniert und vereinte das Know-how von neun Firmen und sechs Forschungsinstituten aus fünf europäischen Ländern. Es wurde mit 9 Millionen Euro von der EU und weiteren 6 Millionen Euro durch Eigenmittel der Partner finanziert. Es erbrachte acht Patente, ein Dutzend wissenschaftliche Publikationen sowie Grundlagen für künftige internationale Normen.

Flexible Elektroden und Barrierefolien

Als wichtigstes Ergebnis hat das Projekt Produktionsprozesse für verschiedene Typen transparenter Elektroden und Barriere-materialien für die nächste Generation flexibler Optoelektronik

25

Lumen pro Watt Lichtausbeute können mit den neuartigen, grossflächigen Leuchtfolien erreicht werden. Deren Energieeffizienz ist vergleichbar mit einer Halogenlampe.

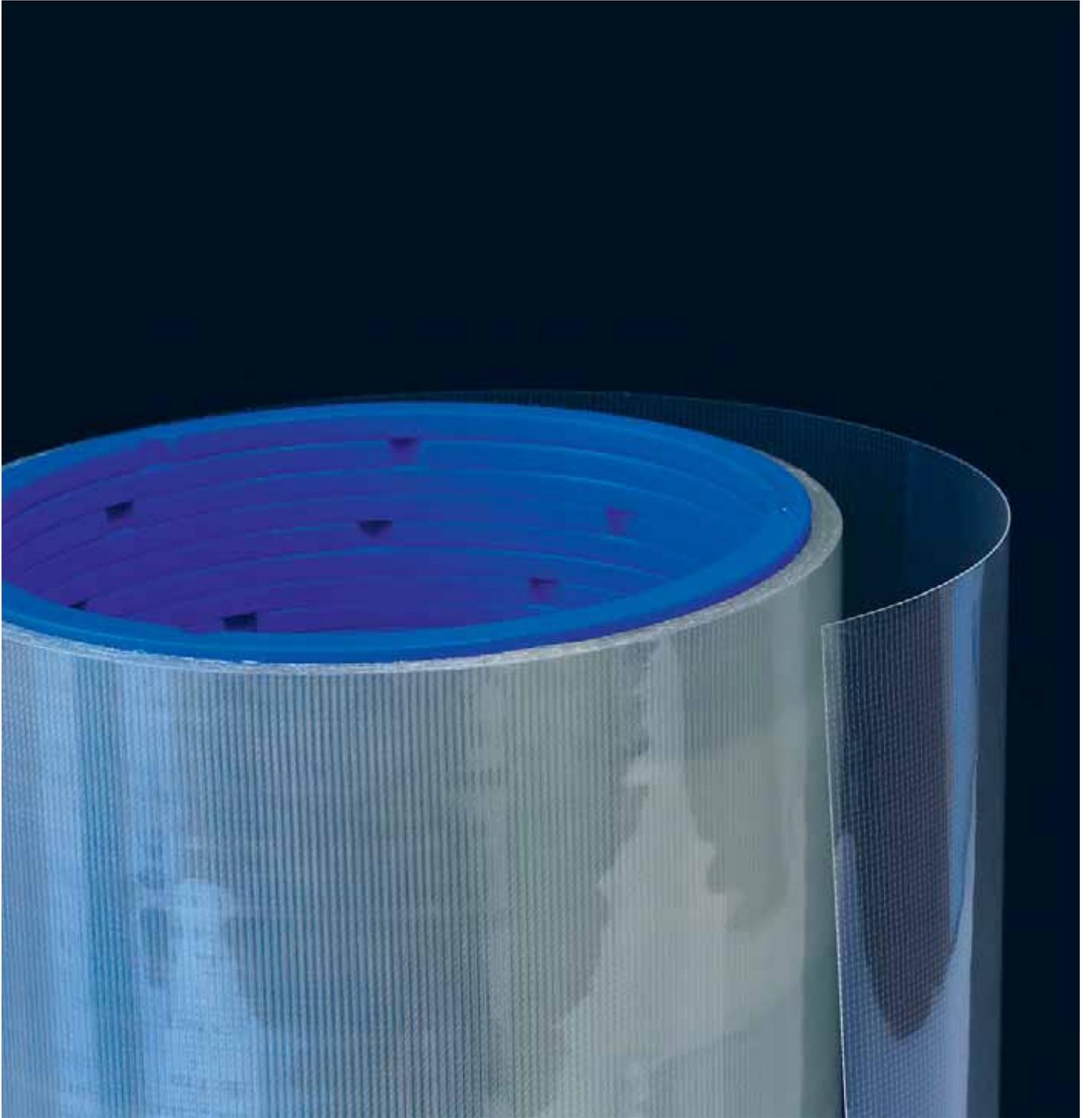
entwickelt und in einem zweiten Schritt für die Industrieproduktion hochskaliert. Die nächste Generation von Lichtquellen und Solarzellen soll mittels Rolle-zu-Rolle-Fabrikation hergestellt werden, wofür sich die neuen Elektroden besonders gut eignen. Das Fraunhofer-Institut für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik in Dresden stellte im Rahmen des Projekts im Rollenverfahren eine OLED-Lichtquelle mit Projekt-Logo her.

Energieeffiziente Leuchtwände werden möglich

Entscheidend für die künftige Massenproduktion und die Haltbarkeit solcher Leuchtelemente sind flexible und transparente Elektroden und neue, transparente Barrierefolien – gemeint sind Kunststofffolien, die verhindern, dass Sauerstoff oder Wasserdampf in die organischen Bauteile eindringen und diese zerstören kann. Diese im Rahmen von TREASORES entwickelten Elektroden sind ebenso leistungsfähig und transparent wie Elektroden der aktuellen OLED-Technologie, teilweise sind sie diesen sogar überlegen. Sie können jedoch deutlich günstiger produziert werden und kommen ohne das immer knapper werdende Element Indium aus.

1

Flexible Elektroden aus leitfähigem Textil wurden im Rahmen des Projekts «TREASORES» in einem kostengünstigen Rolle-zu-Rolle-Prozess hergestellt. Die so produzierten Elektroden sind im Bereich des sichtbaren Lichts und im nahen Infrarot optisch sehr durchlässig und zeichnen sich durch geringen elektrischen Widerstand aus. Bild: Sefar AG



1

Mit den neuen Elektroden können äusserst homogene weisse Lichtquellen auch auf grösseren Flächen mit einer Effizienz von 25 Lumen pro Watt erreicht werden – vergleichbar mit äquivalenten Bauteilen der bisherigen OLED-Technologie, die mit einem langsameren Produktionsprozess auf einzelnen Folien hergestellt werden. //



1
Eine flexible Lichtquelle aus organischen LEDs (OLEDs), die im Rahmen des TREASURES-Projekts entwickelt wurde. Ein Schlüsselbereich dieser Technik sind flexible Elektroden und luftundurchlässige Barrierschichten. Diese leuchtende Folie wurde am Fraunhofer FEP in Dresden in einem kostengünstigen Rolle-zu-Rolle-Prozess hergestellt. Bild: Fraunhofer FEP

Graphen-Nanobänder – auf die Ränder kommt es an

Forschenden der Empa, des Max-Planck-Instituts für Polymerforschung in Mainz und der TU Dresden gelang es erstmals, aus Molekülen Graphen-Nanobänder mit einem perfekten Zickzackrand herzustellen. Die Atome der Ränder verfügen dabei über Elektronen mit unterschiedlichem (und gekoppeltem) Drehsinn («Spin»). Dieser könnte Graphen-Nanobänder zum Werkstoff der Wahl für eine Elektronik der Zukunft machen, die sogenannte Spintronik.

Weil elektronische Bauteile immer kleiner werden, stösst die Industrie mit dem traditionellen Silizium als Halbleitermaterial allmählich an ihre Grenzen. Graphen, der Stoff mit den «wundersamen» Eigenschaften, gilt als möglicher Ersatz. Die nur ein Atom dünne Kohlenstoffschicht ist ultraleicht, äusserst flexibel und ausserordentlich leitfähig. Um Graphen indes für elektronische Bauteile wie Feldeffekttransistoren nutzen zu können, muss das Material in einen Halbleiter «verwandelt» werden. Das gelang den Forschern, indem sie extrem schmale Bänder aus Graphen herstellten: Denn je schmaler die Bänder, desto grösser ist deren elektronische Bandlücke – also der Energiebereich, in dem sich

keine Elektronen befinden können und der dafür verantwortlich ist, dass ein elektronischer Schalter (z. B. ein Transistor) ein- bzw. ausgeschaltet werden kann. Die Empa-Forscher brachten es in der Folge auch fertig, die Nanobänder zu «dotieren», d. h.

an bestimmten Stellen mit Fremdatomen wie Stickstoff zu versehen, um die elektronischen Eigenschaften der Graphenbänder noch weiter zu beeinflussen.

4

Kilogramm darf eine Katze wiegen, damit eine Graphen-Hängematte von einem Quadratmeter sie trägt. Die Hängematte selbst würde dabei nur so viel wiegen wie ein einzelnes Schnurrhaar der Katze.

Bänder aus Vorläufermolekülen «bauen»

Ausserdem gelang es den Forschern auch, aus geeigneten Vorläufermolekülen und dank perfektionierten Herstellungsprozesses Graphen-Bänder mit perfekt zickzackförmigen Rändern zu synthetisieren. Diese folgen einer ganz bestimmten Geometrie entlang

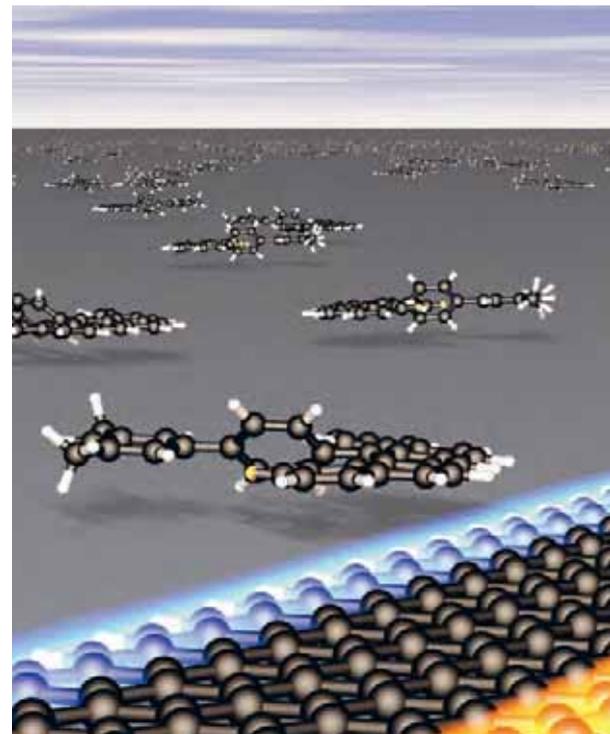
der Längsachse des Bandes. Durch die Geometrie der Bänder und vor allem durch die Struktur von deren Rändern können die Forscher den Graphenbändern unterschiedliche Eigenschaften verleihen.

Um den bestmöglichen Syntheseweg für die Zickzackbänder zu entwerfen, wechselten die Wissenschaftler wiederholt

zwischen Computersimulation und Experiment hin und her. Mit Molekülen in U-Form, die sie zu einer Schlangenlinie zusammenwachsen liessen, und zusätzlichen Methylgruppen, die die Zickzackränder vervollständigten, gelang es den Forschern schliesslich, einen «Bauplan» für Nanobänder mit perfektem Zickzackrand zu erstellen. Dass die Zickzackränder aufs Atom genau stimmten, überprüften die Forscher, indem sie die atomare Struktur mit dem Rasterkraftmikroskop (Atomic Force Microscope, AFM) untersuchten. Darüber hinaus gelang es ihnen, die elektronischen Zustände der Zickzackränder mittels Rastertunnelspektroskopie zu charakterisieren.

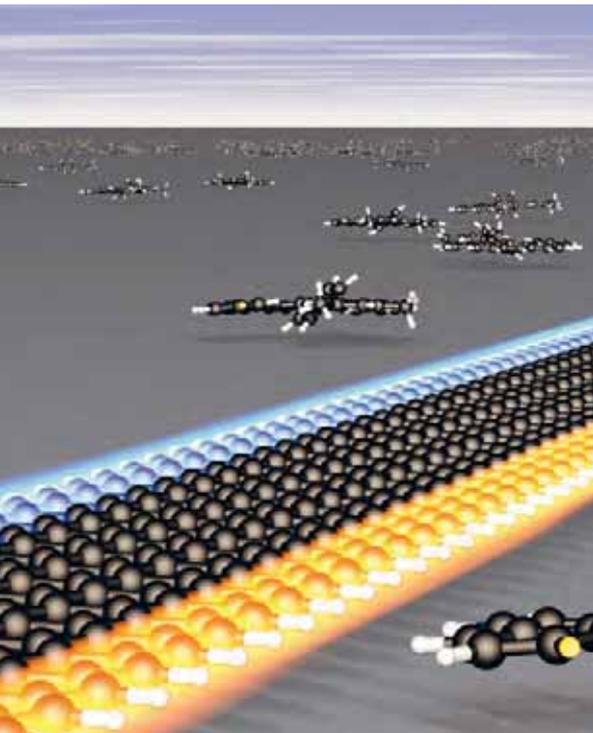
Interessant für spintronische Anwendungen

Und genau diese Zustände zeigen eine vielversprechende Besonderheit. Elektronen können sich entweder links- oder rechtsherum drehen, man spricht vom inneren Drehsinn («Spin») der Elektronen. Das Spezielle an den Zickzack-Graphen-Bändern: Entlang der beiden Ränder richten sich die Elektronenspins jeweils alle gleich aus; ein Effekt, den man als ferromagnetische Kopplung bezeichnet. Gleichzeitig sorgt die sogenannte antiferromagnetische Kopplung dafür, dass sich die Elektronenspins an gegenüberliegenden Rändern umgekehrt ausrichten. An einem Rand des Bandes befinden sich die Elektronen also alle im «spin-up»-, am anderen im «spin-down»-Zustand.



1
Illustration eines Graphen-Nanobands mit Zickzackrändern und der für dessen Herstellung verwendeten Vorläufermoleküle. Elektronen an den beiden Zickzackrändern weisen entgegengesetzten Drehsinn («spin») auf – «spin-up» am unteren (gelb) bzw. «spin-down» am oberen Rand (blau).

2
«Schnittmuster» für Graphen-Nanobänder: Abhängig von der Richtung der Bandachse weisen Graphen-Nanobänder einen Sesselrand («armchair», gelb) oder einen Zickzackrand («zigzag», blau) auf.

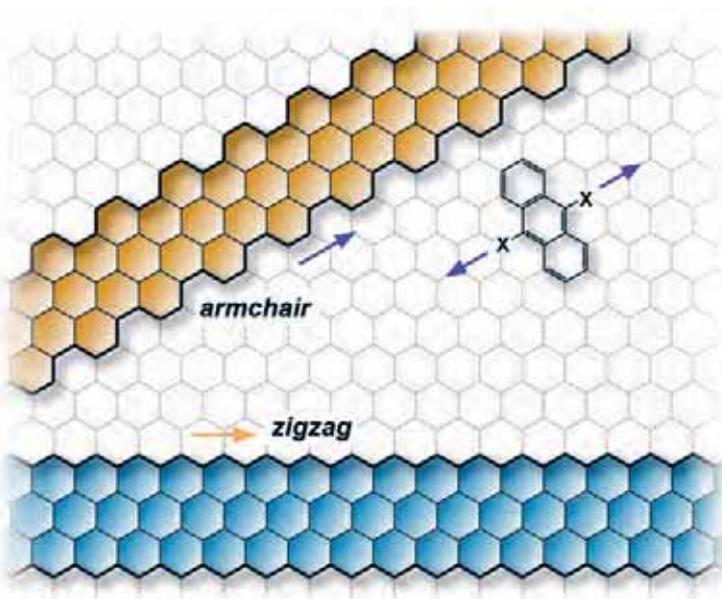


So lassen sich an den Bandrändern zwei voneinander unabhängige Spin-Kanäle mit unterschiedlicher «Fahrtrichtung» erschliessen, ähnlich einer Autobahn mit getrennten Fahrbahnen. Über gezielt eingebaute strukturelle Defekte an den Rändern oder – etwas eleganter – über ein elektrisches, magnetisches oder optisches Signal von aussen sollten sich so beispielsweise Spin-Barrieren und -Filter entwerfen lassen, die nur noch zum An- und Abschalten Energie benötigen – die Vorstufe eines nanoskaligen – und erst noch extrem energie-effizienten – Transistors.

Möglichkeiten wie diese machen Graphen-Bänder für spintronische Anwendungen bzw. Bauelemente äusserst interessant; diese nutzen sowohl die Ladung als auch den Spin der Elektronen. Aus dieser Kombination versprechen sich Forscher völlig neuartige Komponenten, etwa adressierbare magnetische Datenspeicher, die eingespeiste Informationen auch nach dem Abschalten des Stroms beibehalten.

Das Graphene Flagship

Die Empa ist Partner im EU-Flagship-Projekt «Graphene». Das 2013 gestartete, paneuropäische Projekt läuft für (mindestens) zehn Jahre und bündelt die europäischen Forschungskompetenzen rund um dieses neue Material. Die Empa untersucht unter anderem die elektronischen Eigenschaften des ultradünnen Kohlenstoffmaterials sowie potenzielle Risiken für Gesundheit und Umwelt. //



Funktionalisiertes Holz – überraschend anders

Holz ist robust und vielseitig einsetzbar. Doch auch das beste Material stösst an seine Grenzen. Deshalb arbeiten Empa-Forschende daran, Holz in ein Hightech-Material zu verwandeln und so das Anwendungsspektrum dieser natürlichen Ressource zu erweitern. Der Trick dabei: Sie verleihen Holz zusätzliche, eher unerwartete Eigenschaften.

Es gibt unzählige Verfahren, um Holzeigenschaften zu verbessern, etwa durch Lacke oder Anstriche. Die Empa-Forscher gehen nun jedoch einen Schritt weiter und verbinden die Zusatzstoffe chemisch dauerhaft mit dem natürlichen Material. Dadurch verändern sich nicht nur die Holzeigenschaften an der Oberfläche, sondern auch im Innern des Materials.

Viele der Materialentwicklungen werden in der NEST-Unit «Vision Wood» getestet. Dort wird sich zeigen, wie sich die Materialien unter realen Bedingungen verhalten.

Gar nicht so wasserscheu

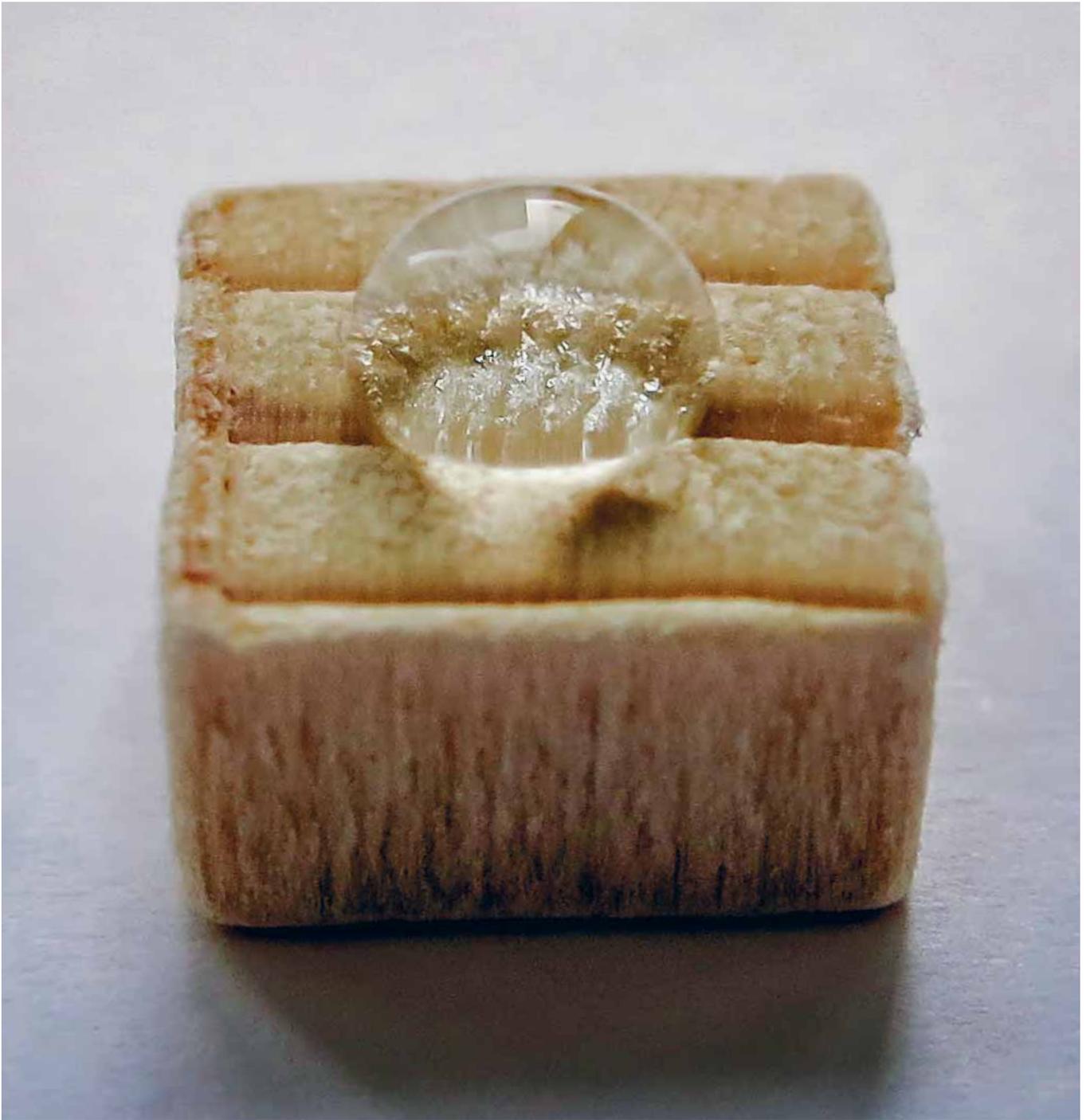
Wasser trägt zur Verwitterung von Holz bei und lässt es im Extremfall gar vermodern. Um dem entgegenzuwirken, brachte ein Empa/ETH-Team Styrene – Bausteine des bekannten Kunststoffes Polystyrol – millimetertief in die Zellzwischenräume von Holz ein und verband sie chemisch miteinander. Aus natürlichem Holz wurde so ein Holz-Kunststoff-Verbundmaterial. Um dicke Stücke Holz wasserabweisend zu machen, schnitten die Forscher Holz in dünne Schichten, integrierten den Kunststoff und klebten die Schichten dann zusammen. Ein anderes Team erzeugte dank einer speziellen Oberflächenbehandlung mit Metalloxid eine Art Lotuseffekt: Das Wasser

perlt nun auf Holz ab wie auf Keramik. Ein derartiges Waschbecken befindet sich in NEST, dem modularen Forschungs- und Innovationsgebäude der Empa und Eawag (siehe Seite 42), um in der Praxis einem Alltagshärtetest unterzogen zu werden.

4 551 897

Kubikmeter Holz wurden 2015 in der Schweiz total geschlagen. Davon wurden 1,8 Millionen Kubikmeter in Sägereien verarbeitet. 23 Prozent davon dienten dann als Rohstoff für Papier, Zellstoff und Plattenwerke oder flossen in andere Verwendungen ein.

1 Die Wasser abweisende Imprägnierung wirkt perfekt – das Holz hält dem Wasser stand.



1

1

Doktorandin Vivian Merk demonstriert, dass ein Holzwürfel tatsächlich am Magneten haftet.

2

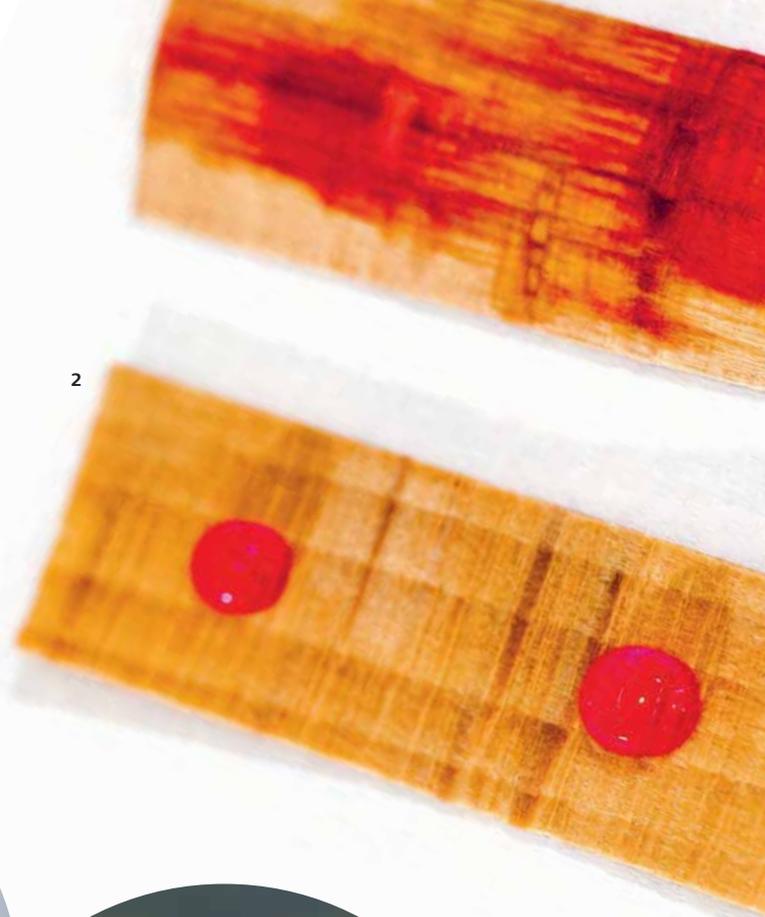
Der Vergleich zeigt: Im Gegensatz zur behandelten Probe (unten) saugt die naturbelassene Buche das gefärbte Wasser sofort auf.

3

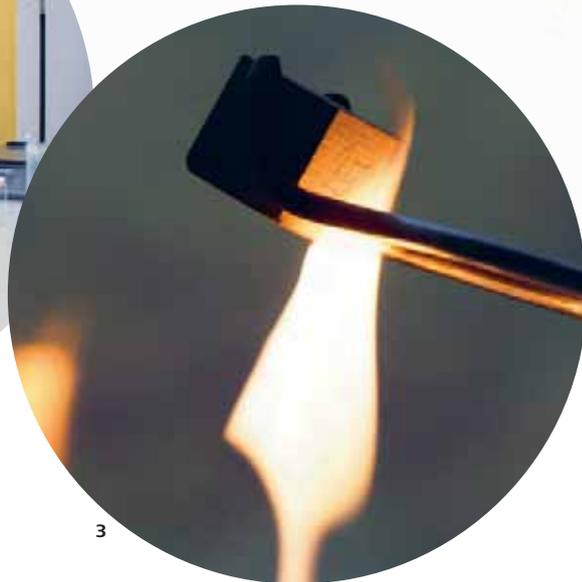
Brandtests lieferten vielversprechende Ergebnisse. Dank des Kalks in der Zellstruktur gelang es den Forschenden, die Brennbarkeit des Holzes auf etwa ein Drittel zu senken.



1



2



3

Schutz vor Pilzabbau

Ein weiterer Grund für die Verwitterung von Holz sind Pilze und Bakterien, denen das Baumaterial bei «idealer» Feuchte eine ausgezeichnete Brutstätte ist. Um dies zu verhindern, nahmen die Forscher einen Stoff zu Hilfe, der selbst aus Pilzen stammt. In einer «künstlichen» Umgebung soll ein aus Weissfäulepilzen gewonnenes Enzym namens Laccase dafür sorgen, dass Iod auf einer Holzoberfläche kovalent – also chemisch «fest» – gebunden wird. In einer wässrigen Lösung oxidiert die Laccase das Iodid (I^-) zum hochreaktiven Iod (I_2), das eine dauerhafte Bindung mit dem Lignin an der Fichtenholzoberfläche eingeht. Das iodierter Holz wird in zwei Langzeitversuchen in NEST eingesetzt: Dabei wird für die Fassade einheimisches Tannen- und Fichtenholz verwendet; im Innenbereich kommen Türklinken aus Eichenholz zum Einsatz.

«Verkalktes» Holz gegen Feuer

Holz kann selbst Feuer trotzen, wenn tief in den Holzstrukturen Kalziumkarbonat, also Kalk, steckt. Das mineralisierte Holz mit seiner weisslich hellen Farbe ist schwer entflammbar, auch wenn man es direkt in die lodernde Flamme hält. Ein Forscherteam der Empa und der ETH Zürich arbeitete dazu an zwei verschiedenen Verfahren: In einem lagert sich das Mineral hauptsächlich in den Zellwänden ab und bildet kleine Poren. Beim zweiten Verfahren lagert sich der Kalk direkt in den röhrenartigen Holzzellen ab, verstopft sie gewissermassen. Der Unterschied bei diesem Prozess besteht darin, dass die Forscher mit zwei verschiedenen Lösungen arbeiteten, mit denen sie das Holz abwechselnd durchtränkten. Bezüglich Brandschutz funktionieren beide Varianten ähnlich gut. Neben

der guten Feuerresistenz zeigt das mineralisierte Holz weitere Vorteile. Sowohl Holz als auch Kalziumkarbonat binden CO_2 in sich, was umwelttechnisch sehr interessant ist. Weder bei der Herstellung noch beim Endprodukt werden gefährliche Stoffe verwendet. Ein Recycling des Hybrid-Holzes ist somit unbedenklich, ganz im Gegensatz zu Hölzern, die mit herkömmlichen Methoden flammhemmend ausgerüstet werden.

Holz mit anziehender Wirkung

Schleusen die Forscher schliesslich Eisenoxidpartikel in die Holzzellen, dann wird das Holz magnetisierbar. Dazu werden Holzstücke in einer sehr sauren Lösung eingelegt, die Eisenchloridsalze enthält. Ist die Flüssigkeit tief in das Holz eingedrungen, wird es in eine starke Lauge umgelagert. Das verursacht eine Fällungsreaktion, die im Inneren jeder Holzzelle eine Art Schneegestöber auslöst. Die «Schneeflocken» sind allerdings nicht weiss, sondern nahezu schwarz, denn es handelt sich dabei um Nanopartikel aus Eisenoxid. Die Partikel sind im Holz eingeschlossen und bleiben, auch wenn das Holz tagelang gewaschen wird, darin. Die magnetischen Partikel kommen in zwei unterschiedlichen Formen vor – als Maghemit und als Magnetit. Das braune Maghemit entsteht aus dem schwarzen Magnetit, wenn es an Luft oxidiert. So bilden sich mehr Fehlstellen im Kristall, was sich auf die Farbe auswirkt. Darum ist das magnetisierbare Holz auch sehr dunkel. Bisher wird es im Innenbereich angewendet, etwa für Spielzeuge oder Möbel. In NEST ist es als magnetisierbare Tafel im Probeeinsatz. Auch ein Einsatz in der Automobilindustrie ist denkbar: So könnten künftig edel aussehende, dunkle Holzarmaturen magnetisch funktionalisiert werden. //

110

Minuten beträgt die Halbwertszeit von ^{18}F -Fallyprid, einem Tracer-Material für medizinische Diagnostik – es bleibt also zwischen Herstellung und Anwendung nur wenig Zeit, um die Substanz auf ihre radiochemische Reinheit zu untersuchen.

Wenn instabile Isotope zerfallen, entstehen fast immer Gammastrahlen. Um radioaktive Substanzen zu erkennen, braucht es also Gamma-Detektoren, die

günstig und hochempfindlich sind und bei Raumtemperatur arbeiten. Hierfür geeignete Substanzen zu finden, ist nicht ganz einfach. Kristalle, die Gammastrahlen bei Raumtemperatur erkennen, müssen eine hohe elektronische Qualität besitzen. Das heisst, die Ladungsträger im Kristall müssen äusserst mobil sein und eine lange Lebensdauer besitzen, um das Signal in Form eines elektrischen Impulses zuverlässig weiterzuleiten. Ausserdem muss der Kristall aus schweren Elementen bestehen, damit die energiereiche Gammastrahlung überhaupt erst eingefangen werden kann. Last, but not least muss es möglich sein, aus dem gewünschten Stoff grosse Einkristalle wachsen zu lassen, die zudem unempfindlich gegen Bruch und Temperaturschwankungen sein müssen.

Klassische Becherglas-Chemie

Bisher waren vor allem Cadmiumtellurid (CdTe) und Cadmiumzinktellurid (CdZnTe) für diese Eigenschaften bekannt. Doch

der Stoff, aus dem auch Dünnschicht-Solarzellen produziert werden, ist nicht wasserlöslich und schmilzt erst bei über 1000°C . Die Herstellung von Detektor-kristallen ist daher aufwän-

dig und teuer. Einem Forscherteam der Empa ist es nun gelungen, Halbleiterkristalle einer anderen Stoffklasse (Blei-Halogen-Perowskite) in klassischer Becherglas-Chemie herzustellen, die dieselben Eigenschaften wie CdTe und CdZnTe aufweisen – allerdings nur wenige Schweizer Franken pro Kristall kosten. Eine mögliche Anwendung wäre ein Minigeigerzähler, der sich an Smartphones anschliessen lässt. So könnten Menschen in radioaktiv verseuchten Gebieten zum Beispiel jedes ihrer Lebensmittel auf Radioaktivität testen. Die Perowskit-Kristalle könnten allenfalls sogar Röntgenstrahlen erkennen – ein weiteres wichtiges Forschungsfeld und in Medizin- und Sicherheitsanwendungen einsetzbar.

Anwendungen in der Gehirndiagnostik

Ein weiteres mögliches Anwendungsgebiet der neuen Kristalle ist die Diagnostik von Stoffwechselproblemen im Gehirn. Störungen an Dopaminrezeptoren können viele Folgen haben:

1

Ein Methylammonium-Bleijodid-Kristall – einer der Bestandteile der neuen Blei-Halogen-Perowskit-Halbleiter. Bild: iStockphoto



Parkinson, Schizophrenie, Hyperaktivität (ADHS), soziale Angststörungen sowie Drogen- und Alkoholsucht. Diagnostiziert werden solche Störungen, indem Patienten radioaktive Tracer-Substanzen verabreicht werden, die mittels Magnetresonanztomographie (MRI) Hirnaktivitäten sichtbar machen. Das Verabreichen radioaktiver Substanzen ist indes nicht ungefährlich: Ist die Substanz unrein, drohen Gesundheitsschäden. Das Überprüfen der Reinheit muss jedoch äusserst schnell vonstatten gehen, weil die Tracer-Substanz nur eine relativ kurze Halbwertszeit hat, also rasch zerfällt.

Um die «Fähigkeiten» der Blei-Halogen-Perowskite zu demonstrieren, hat das Empa-Team den neuen Einkristall-Detektor für die Isotopenreinheitskontrolle von ^{18}F -Fallyprid eingesetzt, eine Tracer-Substanz, die klinisch in Studien über Dopaminrezeptoren benutzt wird. Dabei haben die Forscher in Zusammenarbeit mit Kollegen des Instituts für Pharmazeutische Wissenschaften der ETH Zürich die Leistung ihres neuen Detektormaterials mit herkömmlichen Detektoren verglichen – und nahezu identische Ergebnisse erhalten. //



Eine neue Waffe gegen Superkeime

Sie kommen in zahlreichen Lebewesen vor und gelten als natürliche Waffe gegen krankmachende Bakterien: sogenannte antimikrobielle Peptide. Sie bieten eine mögliche – und inzwischen auch dringend benötigte – Alternative zu konventionellen Antibiotika, kamen aber bisher klinisch noch nicht zum Einsatz. Der Grund liegt in ihrer molekularen Struktur, die dafür sorgt, dass Peptide im Innern des menschlichen Körpers relativ schnell abgebaut werden, und zwar noch ehe sie ihre antibakterielle Wirkung entfalten können.

Empa-Forschenden ist es in Zusammenarbeit mit der Universität Kopenhagen gelungen, eine Art Shuttlesystem aus flüssig-kristallinen Nanomaterialien zu entwickeln (sogenannte «Nanocarrier»), die die Peptide schützen und somit sicher an ihren Zielort bringen können. Die entwickelten Nanocarrier bestehen aus sogenannt strukturbildenden Lipiden, die die antibakteriellen Peptide beherbergen und sie je nach Art des Strukturaufbaus festhalten oder freisetzen können. Erste Tests haben gezeigt, dass die Peptide von den Nanocarriern komplett eingeschlossen werden und somit stabil

bleiben. Sobald sie allerdings freigesetzt werden, entfalten sie ihre Wirkung und zeigen sich äusserst effektiv im Kampf gegen die Bakterien, zumindest in Laborversuchen mit Bakterienkulturen.

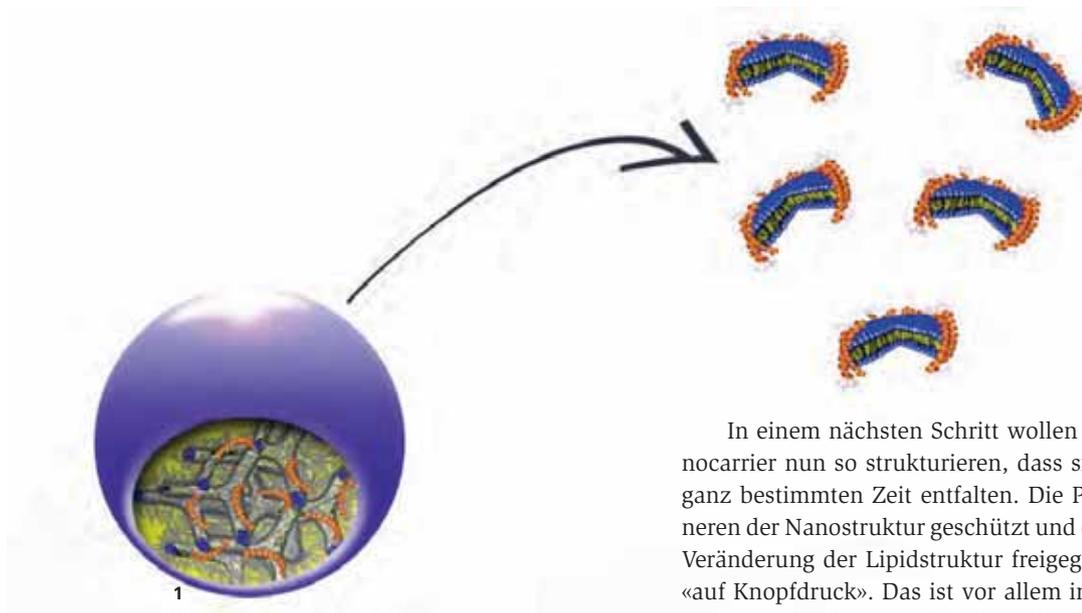
250

**Menschen sterben weltweit
jede Minute an den Folgen von
Infektionen, die sich nicht mehr
mit Antibiotika behandeln lassen.**

Peptide sind gut – Peptid und Nanocarrier besser

Den Wissenschaftlern ist eine weitere Eigenschaft der Nanocarrier aufgefallen. Peptide wirken im «Alleingang» bereits effektiv gegen Bakterien – in Kombination mit dem neuartigen Shuttlesystem allerdings noch wesentlich stärker. So sorgt die entwickelte Schutzhülle aus Lipiden nicht nur dafür, dass die Peptide sicher an ihren Wirkungsort gelangen, sondern verstärkt zusätzlich ihre Wirkung am

Zielort. Die Forschungsarbeit könnte also ein erster Schritt im erfolgreichen Kampf gegen Antibiotika-resistente Bakterien sein, denn Peptide nutzen einen anderen Wirkmechanismus als herkömmliche Antibiotika, sie zerstören die Membran, also die Hülle, der Bakterien. Dagegen sind selbst Antibiotika-resistente Superkeime schutzlos.



In einem nächsten Schritt wollen die Forschenden die Nanocarrier nun so strukturieren, dass sie ihre Wirkung zu einer ganz bestimmten Zeit entfalten. Die Peptide sollen also im Inneren der Nanostruktur geschützt und erst bei Bedarf durch eine Veränderung der Lipidstruktur freigegeben werden, sozusagen «auf Knopfdruck». Das ist vor allem im medizinischen Bereich äusserst wichtig, etwa bei der Behandlung von lokalen Infektionen oder bei offenen Wunden.

Neue Behandlungsmethode bei Blutvergiftung

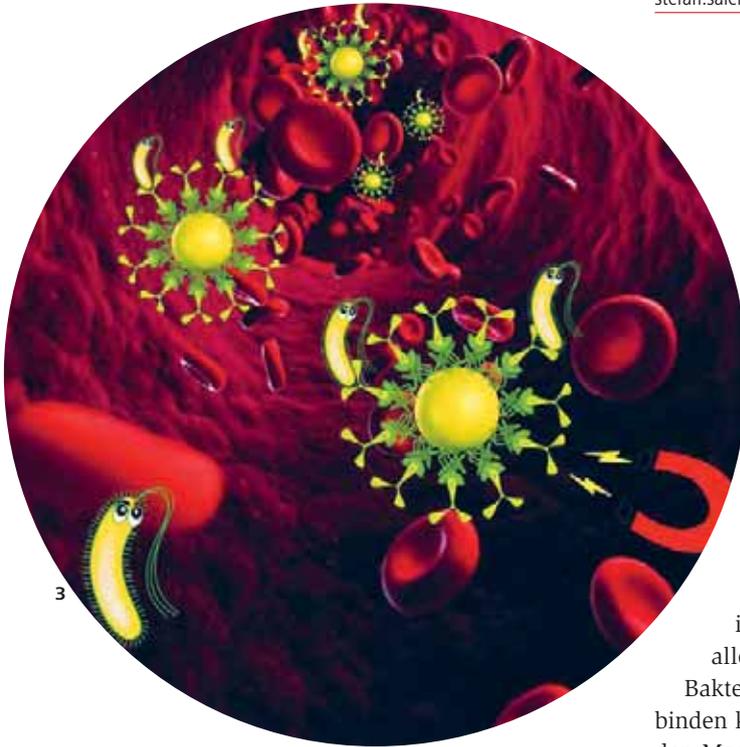
Gut jede zweite Blutvergiftung endet auch heutzutage noch tödlich – obwohl sich eine Sepsis im Anfangsstadium durchaus kurieren lässt. Daher ist schnelles Handeln oberstes Gebot. Aus diesem Grund verabreichen Ärzte meist schon bei einem Verdacht Antibiotika, ohne vorher abzuklären, ob es sich tatsächlich um eine bakterielle Sepsis handelt – was wiederum die Gefahr für Resistenzen massiv erhöht. Es gilt also, eine schnelle und effektive Therapie zu finden, die möglichst ohne Antibiotika auskommt.

Eine Lösung entwickelt die Empa in Zusammenarbeit mit dem Adolphe Merkle Institute und Medizinern der Harvard Medical School. Die Idee: eine magnetische Blutreinigung. Das Prinzip ist, zumindest in der Theorie, einfach. Eisenpartikel werden mit einem Antikörper beschichtet, der die schädlichen Bakterien im Blut aufspürt und bindet. Sobald sich die Eisen-

1
Die antibakteriellen Peptide befinden sich innerhalb der Schutzhülle des Nanocarrier. Sobald sich dessen Struktur durch äussere Einflüsse verändert, entfalten die Peptide ihre antimikrobielle Aktivität.

2
Eine Röntgenkapillare wird befüllt, um den Nanocarrier mit Röntgenstrahlen zu untersuchen.

3
Bakterien können bei Blutvergiftung mit magnetischer Blutreinigung entfernt werden.



3

partikel an die Bakterien angelagert haben, lassen sie sich so wie bei einer Dialyse magnetisch aus dem Blut entfernen.

Einen kleinen Haken hatte die Sache allerdings bis anhin: Bislang war es nur möglich, die Eisenpartikel mit Antikörpern zu beschichten, die lediglich eine Art von Bakterien erkennen konnten – und je nach Art der Blutvergiftung sind andere Erreger im Spiel. Ein Team der Harvard Medical School hat nun allerdings einen Antikörper entwickelt, der sämtliche Bakterien, die eine Blutvergiftung auslösen können, an sich binden kann – somit könnte bei Verdacht auf Sepsis direkt mit der Magnettherapie begonnen werden, unabhängig davon, welche Erreger sich im Blut befinden. Mit diesem «Alleskönner»-Antikörper ist es den Empa-Forschenden nun tatsächlich gelungen, Bakterien zu isolieren.

Noch ist die Idee allerdings Zukunftsmusik. Allfällige Nebenwirkungen der Therapie müssen genauestens abgeklärt werden. Ausserdem muss die Methode ihre Wirksamkeit auch in der Klinik unter Beweis stellen. Einerseits ist die Methode vor allem im Anfangsstadium einer Sepsis wirksam, wenn die Schäden noch nicht vom Blut auf andere Organe übergegriffen haben; andererseits gilt es zu klären, wie gut die Behandlung bei instabilen oder vorerkrankten Patienten anschlägt. Dennoch sind die Forscher optimistisch – und einer neuen Sepsistherapie einen Schritt näher. //



2

Der Antivibrations-Kristall

Wenn ein Ingenieur niederfrequente Schwingungen dämpfen möchte, dann wählt er oft eine Kombination aus Federn und Dämpfern. Doch die weiche Lagerung hat Nachteile – etwa bei der Kraftübertragung. Empa-Forscher haben nun einen eleganten Ausweg entdeckt und dessen praktische Machbarkeit unter Beweis gestellt: Makroskopische Kristallstrukturen können unerwünschte Schwingungen tilgen oder Geräusche filtern – und das alles ganz ohne Elektronik und Strom. Sie sind leichter als bisher gebräuchliche Dämmstoffe, besitzen eine höhere mechanische Tragfähigkeit und sie können auf ihren Einsatzzweck massgeschneidert werden.

Die neuartigen Materialien – sogenannte fononische Kristalle – machen es möglich, ein stabiles Fundament zu bauen, das zugleich niederfrequente Schwingungen dämpfen kann. So könnte es zum Beispiel möglich werden, einen schweren Schiffsmotor so zu lagern, dass Brummgeräusche nicht mehr an den Schiffskörper übertragen werden. Theoretische Physiker hatten solche Phänomene bereits erwartet.

Doch nur wenige Wissenschaftler weltweit hatten diese eigentümlichen Kunstmaterialien bereits in der Hand und konnten ihre Eigenschaften am echten Objekt testen.

Nach drei Jahren Forschungsarbeit hat ein Team der Empa die neuartigen Materialien 2016 zum Patent angemeldet. Im September 2016 fertigten die Forscher Versuchsstrukturen aus einer Aluminiumlegierung im 3-D-Drucker der Empa an, um die Methode der Schall- und Vibrationsdämpfung weiter zu verfeinern.

10

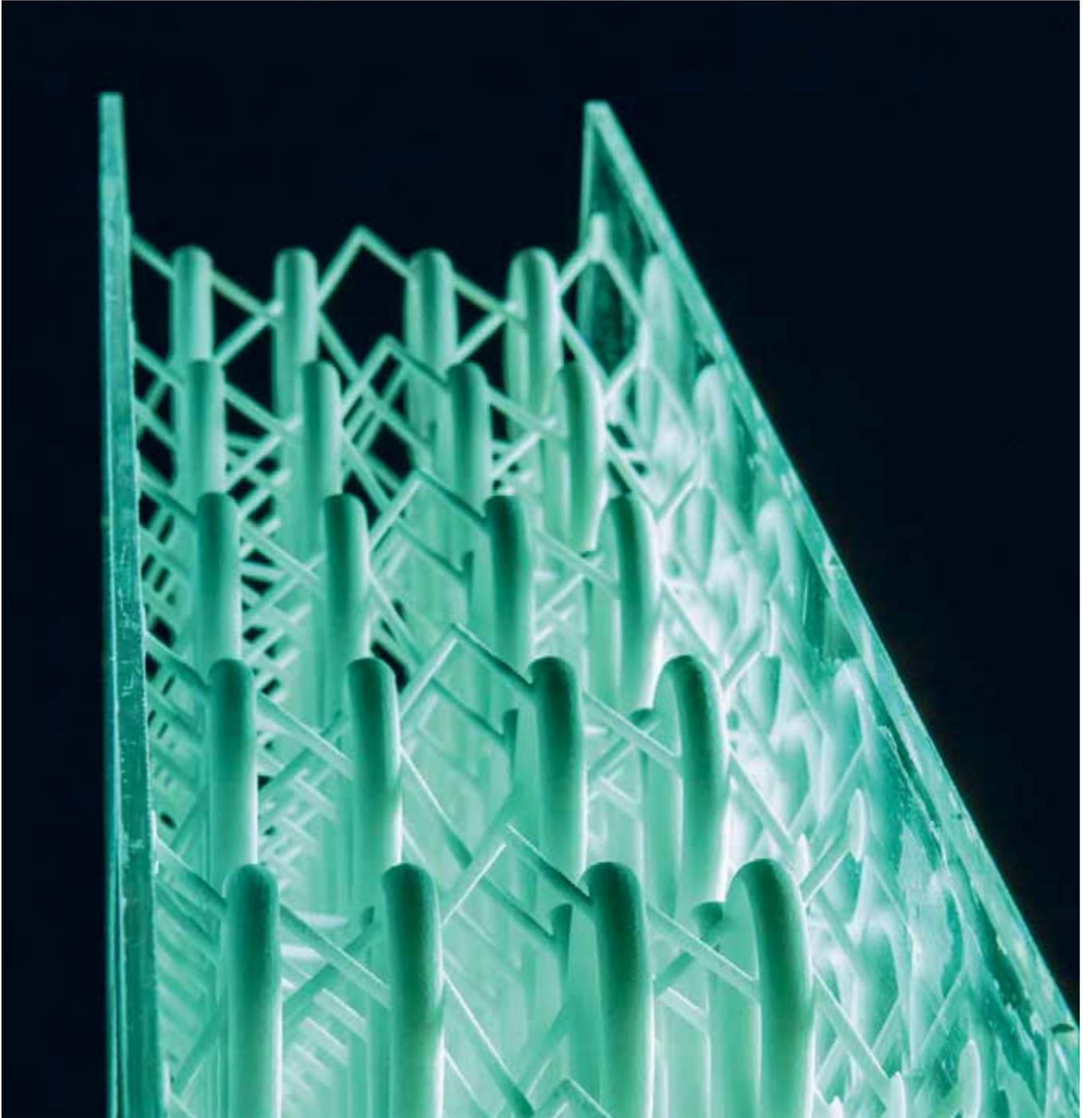
Millionen mal grösser als die originalen Diamantstrukturen sind die fononischen Kristalle. Auch die Wellen, die damit beeinflusst werden, sind 10 Millionen mal länger: Statt Röntgenwellen werden Schallwellen gestreut.

Idee aus dem Caltech weiterentwickelt

Das Projekt begann 2013. Die Empa-Forscher untersuchten die Wellenausbreitungseigenschaften eines künstlichen Kristalls, der am California Institute of Technology (Caltech) entwickelt worden war. In einer ersten Arbeit berechneten sie, dass die ultraleichten dreidimensionalen Metallgitterstrukturen mit Zellen in Millimetergrösse, wie sie am Caltech entwickelt wurden, Ultraschallfrequenzen (100 kHz) sehr gut dämpfen sollten. Die logische nächste Frage lautete: Gibt es

1

Modell eines fononischen Kristalls. In Zukunft lassen sich damit auch tiefe Frequenzen mit leichten Materialien dämpfen.



1

auch Strukturen, die Schall im hörbaren Bereich oder niederfrequente Schwingungen dämpfen – was enorme Anwendungsmöglichkeiten eröffnen würde? Und lassen sich solche Materialien gezielt auf eine bestimmte Schwingungsfrequenz «tunen»?

Es folgten erste Versuche mit dem Strukturmodell eines Diamanten. Eine solche Struktur, gebaut aus Tetraeder-Verbindungsstücken und kleinen Röhrchen, hängt als Anschauungsstück in den meisten Chemiehörsälen von Schulen und Universitäten. Das Modell wurde zwischen zwei Aluminiumbleche eingebettet, dann beschallten die Forscher das unten liegende Blech mit diversen Frequenzen. Das Ergebnis war verblüffend: Manche Wellen reflektierte der Kristall vollständig. Beim echten Diamanten sind es Röntgenstrahlen, die auf diese Weise gebeugt und gestreut werden. Das mehrtausendfach grössere Diamantmodell hatte mechanische Schwingungen mit mehrtausendfach grösserer Wellenlänge auf exakt die gleiche Weise beeinflusst.

Ingenieursfaustregel gilt nicht mehr

Für Vibrationsdämpfung galt bisher die Regel: Hohe Frequenzen und Töne lassen sich durch leichte Materialien dämpfen, für tiefe Töne und Vibrationen braucht man jedoch Materialien mit hoher eigener Masse. Diese Faustregel für Ingenieure gilt nun nicht mehr strikt: In Zukunft lassen sich auch tiefe Frequenzen mit leichten Materialien dämpfen – nämlich mit einem speziell dafür berechneten fononischen Kristall. Der Kristall ist steif und kann Gewicht tragen – er ist also keine federnde, weiche Unterlage.

1

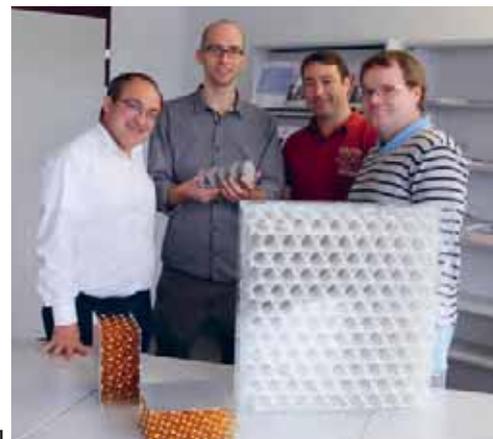
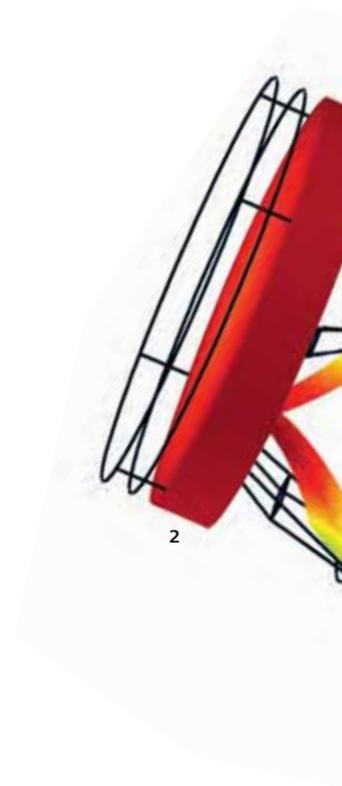
Freuen sich über ihren Erfolg: Projektleiter Andrea Bergamini mit Ivo Leibacher, Armin Zemp und Stefan Schoenwald (von links).

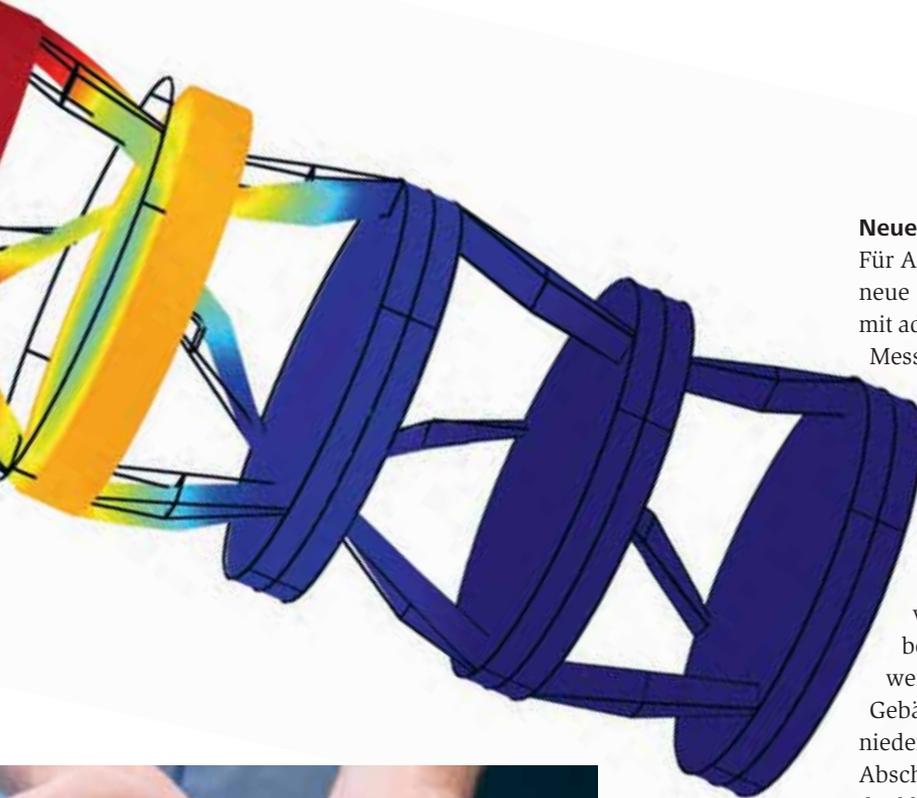
2

Das Computermodell zeigt, wie eine einzelne Gitterzelle des Kristalls Schwingungen tilgen kann.

3

Aluminiummodell aus dem 3-D-Drucker, dessen Schwingungseigenschaften gut mit den Berechnungen übereinstimmen.





Neue Perspektiven im Maschinenbau

Für Anwendungen im Maschinenbau eröffnen sich damit völlig neue Perspektiven. Bislang sind unerwünschte Frequenzen oft mit adaptiven Systemen behandelt worden – also mit ausgefeilter Mess- und Regeltechnik. Doch Ingenieure möchten gern etwas Unkompliziertes, lang Haltendes bauen, das nicht während des Betriebs dauernd überwacht werden muss. Fononische Kristalle funktionieren ohne Strom und Überwachungselektronik von selber – immer wie vorausberechnet.

Schon hat ein deutscher Grosskonzern, der sich durch die neue Dämpfungsmethode Wettbewerbsvorteile verspricht, bei den Empa-Forschern angeklopft. Und neben Geräuschdämmung im Maschinenbau sind auch Anwendungen im Erdbebenschutz denkbar. Dazu müsste man Gebäude auf spezielle Kristallstrukturen bauen, die die sehr niederfrequenten seismischen Schwingungen tilgen. Auch die Abschirmung von Konferenzräumen vor Lauschangriffen wäre denkbar, wenn der fononische Kristall auf die Frequenzen der menschlichen Stimme ausgelegt wird. //



Geometrie statt Zufall: der 3-D-gedruckte Katalysator

In den ersten Minuten nach dem Kaltstart eines modernen Benzinmotors entstehen 95 Prozent aller Schadstoffe. Oder andersherum gerechnet: Die ersten 500 Meter belasten die Luft genauso stark wie die nächsten 5000 Kilometer, falls man nonstop so weit fahren würde.

Entscheidend für eine verbesserte Luftqualität sind also Autokatalysatoren, die möglichst schnell warm werden – oder, noch besser, bereits bei der ersten Motorumdrehung das Abgas effizient reinigen. An der Empa reift eine Technologie heran, die dies ermöglichen kann. Basis für die nächste Stufe der Katalysatortechnik ist der sogenannte Schaumkat, der 2012 an der Empa entwickelt wurde. Anders als herkömmliche Wabenkatalysatoren ist der Keramikschaum offenporig, verwirbelt das Abgas besser und kommt daher mit einer geringeren Menge der katalytisch aktiven Edelmetalle aus. Die bessere Verwirbelung im Katalysator kompensiert die geringere Menge an Edelmetallen, was zu einer vergleichbaren Schadstoffkonversion führt. Allerdings führt die bessere Verwirbelung auch zu einem Anstieg des Abgasgedrucks, was den Treib-

stoffverbrauch geringfügig erhöhen könnte. Um dieses Problem zu lösen, führten die Forscher detaillierte Simulationsrechnungen durch, um die Porengeometrie zu optimieren.

Ein Nachteil des Schaumkatalysators ist jedoch die zufällige Anordnung der Poren. Basis bildet jeweils ein Polyurethanschaum, der in eine Keramiksuspension getaucht und danach gebrannt wird. Das Polymer verbrennt dabei, die Keramikstruktur bleibt übrig. Die zufällige Struktur des Schaumkatalysators behindert die technische Umsetzung, denn die Umsetzungsraten, der Abgasgedruck und das Festigkeitsverhalten variieren zu stark.

95

Prozent aller Schadstoffe im Abgas eines modernen Benzinmotors entstehen in den ersten Minuten nach dem Kaltstart.

Vom Computerentwurf zum realen Modell

Um ein berechenbares Modellsystem zu erhalten, fertigten die Motorenforscher der Empa daher ein

Röntgenbild eines dieser Schäume an und speisten die ermittelte Geometrie in ein Simulationsprogramm ein, mit dem sich der Durchfluss des Abgasstroms berechnen lässt. Als Vergleichsgeometrie wählten die Forscher eine regelmässige, offenporige Polyederstruktur. Erstaunliches Ergebnis der Simulation: Die

1

Modellstück eines der weltweit ersten Abgaskatalysatoren mit optimierten polyedrischen Strukturen aus dem 3-D-Drucker.



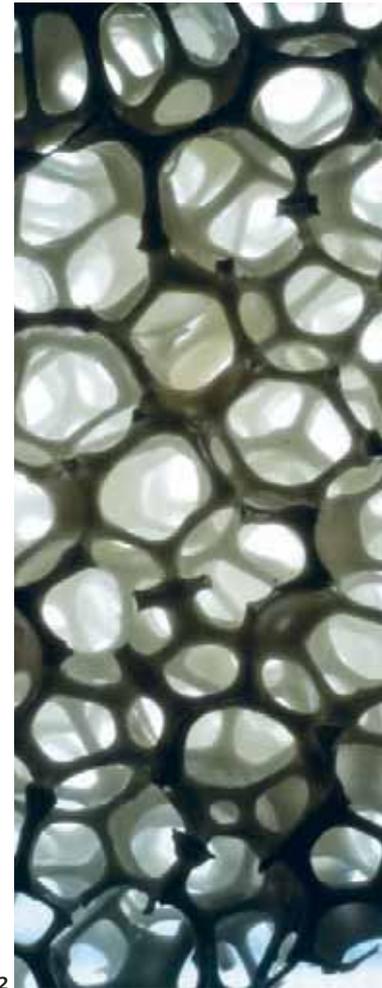
1



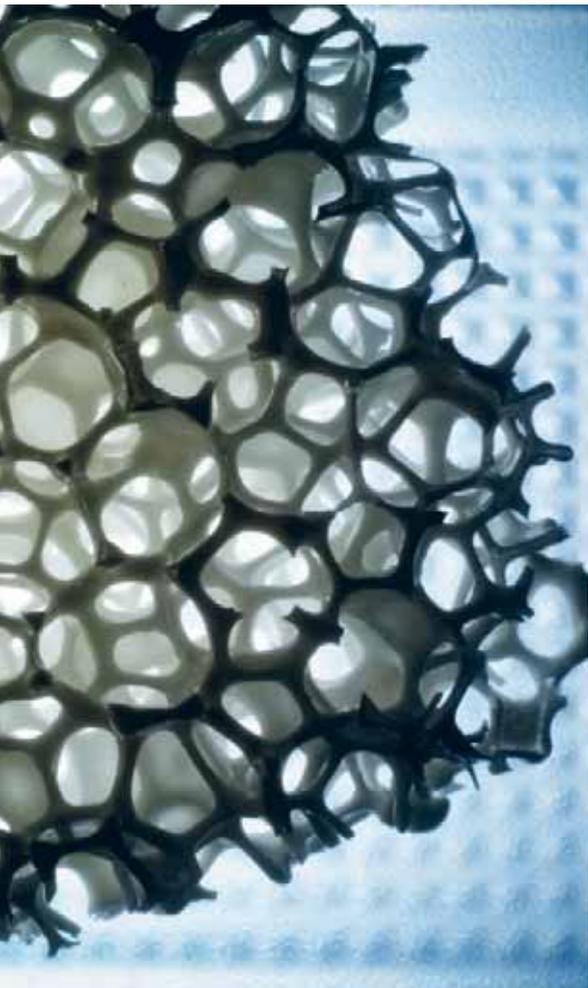
1

1
Empa-Projektleiter Panayotis Dimopoulos Eggenschwiler (rechts) mit Alberto Ortona, Spezialist für 3-D-Druck an der Tessiner Fachhochschule.

2
An der Empa entwickelter Schaumkatalysator: Vorbild für den neuen Abgaskatalysator aus dem 3-D-Drucker.



2



Polyederstruktur zeigte eine bessere katalytische Wirkung bei der Abgasreinigung als der Keramikschaum, und dies bei geringerem Abgasgegendruck. Also bauten die Empa-Forscher das Gittermodell aus der Simulation in Realität nach: Spezialisten an der Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (SUPSI) in Lugano fertigten im Additive-Manufacturing-Verfahren die optimierte Polyederstruktur nach. Das Modell entstand mittels Stereolithographie, einer Art 3-D-Druck aus Flüssigkeiten. Fachleute der Empa beschichteten die Keramik danach mit Zirkoniumoxid und Aluminiumoxid – und der aktiven Edelmetallschicht aus Platin, Rhodium und Palladium.

Eliminierung der Kaltstartemissionen

Um nun insbesondere die kritischen Kaltstartemissionen zu mindern, liessen sich die Forscher eine schnelle Aufheizmethode für den Katalysator einfallen, die in jeder Küche zu finden ist: die Mikrowelle. Weil Siliziumkarbit damit gut aufgeheizt werden kann, mischte die Empa dieses der Katalysatorbeschichtung bei. Polyeder-Katalysatoren benötigen im Vergleich zu konventionellen Wabenkatalysatoren bei vergleichbarer Umwandlungseffizienz eine geringere Beschichtungsmenge, was gleichzeitig auch einen geringeren Heizenergiebedarf bedeutet. Dies ist entscheidend, soll der Katalysator doch innerhalb von wenigen Sekunden auf Betriebstemperatur gebracht werden. Erste Untersuchungen an mikrowellenbeheizten Katalysatormustern, die im Rahmen von SNF- und BAFU-Projekten realisiert wurden, bestätigten die Simulationsergebnisse. Schon denken die Forscher an einen Prototyp in einem Fahrzeug. //

6000

**Besucherinnen und Besucher haben
NEST von der Eröffnung Ende Mai
bis zum Jahresende 2016 im Rahmen
von Führungen und Events besucht.**

Wohnhaus, Bürogebäude und Versuchslabor in einem: NEST ist ein «Living Lab» im wahrsten Sinn des Wortes.

Wer darin wohnt, ist gleichzeitig Testperson; wer in NEST arbeitet, gehört zur Versuchsanlage. Knapp sieben Jahre nachdem die ersten Ideen dazu entstanden sind, wurde das modulare Forschungs- und Innovationsgebäude am 23. Mai 2016 im Beisein von Bundespräsident Johann Schneider-Ammann offiziell eröffnet. Spitzenvertreter von Wirtschafts- und Forschungspartnern sowie der öffentlichen Hand feierten gemeinsam dieses Leuchtturmprojekt.

Mit dem Experimentalgebäude NEST verfolgen Empa und Eawag ein hohes Ziel: den Innovations- und Forschungsprozess im Bau- und Energiebereich beschleunigen, indem Forschung, Wirtschaft und öffentliche Hand gemeinsam nachhaltige Technologien, Materialien und Systeme entwickeln und unter realen Bedingungen testen können. Gleichzeitig ist NEST eine Demonstrationsplattform, wo Neues präsentiert und den Entscheidungsträgern aus dem Bau- und Energiesektor – aber auch der breiten Öffentlichkeit – somit zugänglich gemacht wird. Von der Eröffnung bis zum Jahresende 2016 haben mehr als 6000 Besucherinnen und Besucher im Rahmen von Führungen und Anlässen selbst einen Augenschein in NEST genommen.

**Das «Living Lab» füllt sich
mit Leben**

In der zweiten Jahreshälfte hat sich NEST auch neben den regelmässigen

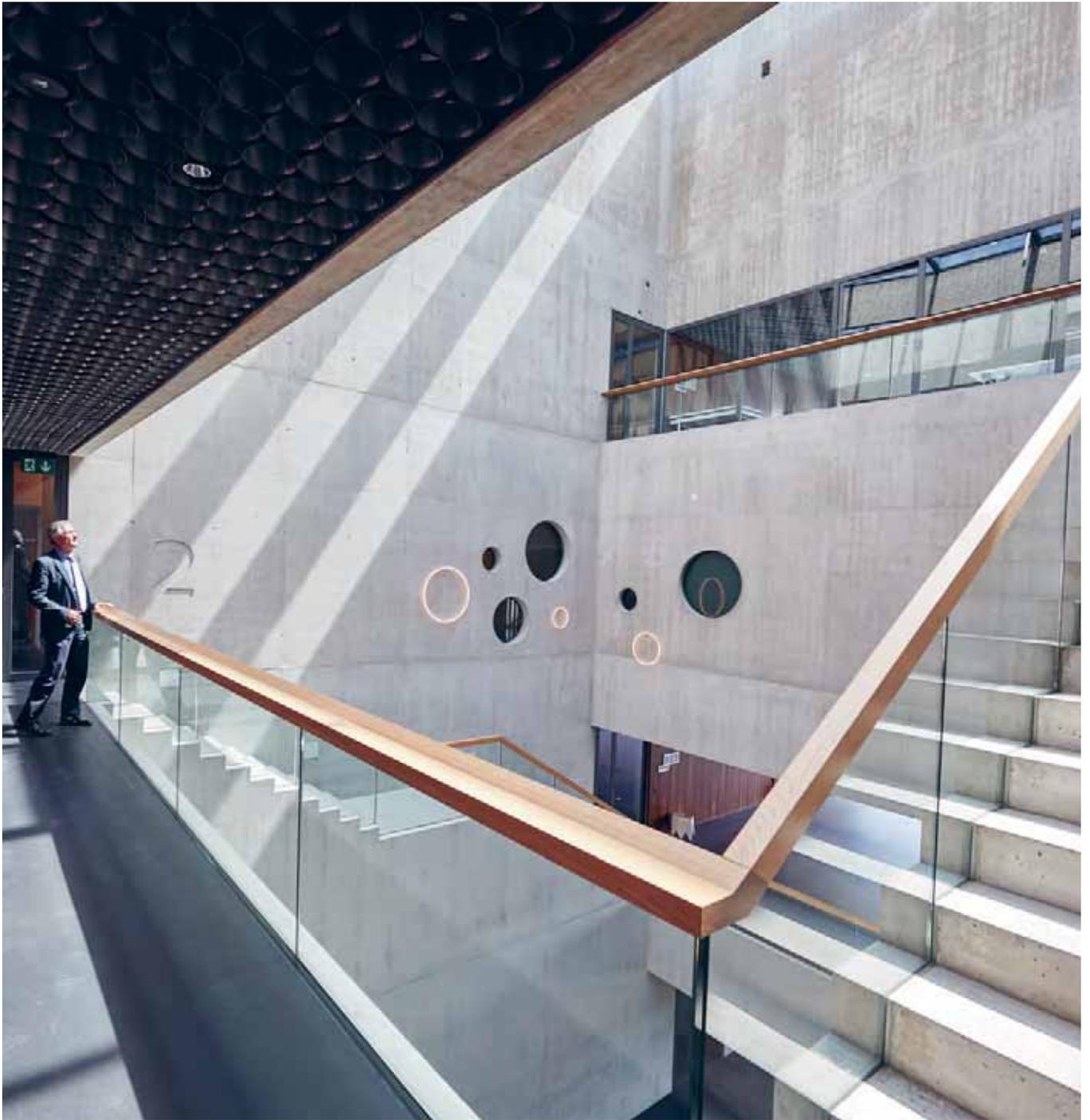
Führungen und Events kontinuierlich mit Leben gefüllt. Mit dem Einzug der Empa-Telefonzentrale und des Empfangs Mitte August ist NEST zur Anlaufstelle für alle Campusbesucher geworden. Anfang November hat das NEST-Team Büroräumlichkeiten in der Unit «Meet2Create» bezogen, und auch die neuartigen Gruppenräume im «Bürolabor» stehen den Mitarbeitenden von Empa und Eawag sowie sämtlichen NEST-Partnern seither zur Verfügung. In «Meet2Create» untersuchen die Forschenden der Hochschule Luzern – Technik & Architektur zusammen mit ihren Wirtschaftspartnern die Arbeitswelten der Zukunft.

Als zweite Unit wurde die Wohneinheit «Vision Wood» belebt. Anfang Januar 2017 hat der erste NEST-Bewohner eines der drei Zimmer bezogen und fungiert seither als Testperson für die in der Unit verbauten Holzinnovationen von Empa- und ETH-Forschenden, indem er diese im Alltag nutzt.

Für die Forschungstätigkeiten im «Energy Hub» (ehub, siehe Seite 51) hat sich eine eigene Forschungsgruppe an der Empa gebildet. Bis Dezember 2016 war die Gruppe stark mit der Inbetriebnahme – aber auch bereits mit ersten Erweiterungen der Anlagen – beschäftigt und begann im Anschluss daran mit den

1

Attraktive Architektur, einzigartige Modularität, innovative Technologien und Materialien: NEST ist zum Publikumsmagneten für Besucher mit Interesse an Bau- und Energiethemen geworden.





ersten Forschungsprojekten. Neben der Energie ist in NEST auch die Ressource Wasser ein zentrales Forschungsthema. Die Eawag untersucht im «Water Hub» die Mehrfachnutzung von Wasser und entwickelt neue Konzepte zur Nährstoff- und Energiegewinnung aus Abwasser.

Energieeffiziente Wellness und Bauen mit Abfall

Mit den beiden Units «Meet2Create» und «Vision Wood», ehub und «Water Hub» steht NEST aber erst am Anfang. Die drei offenen Plattformen des Gebäudes bieten Platz für rund 15 Units, und 2017 wird fleissig weitergebaut: Als dritte Unit entsteht eine solare Fitness- und Wellness-Anlage, die das Ziel verfolgt, den Betrieb komplett mit erneuerbarer Energie zu bewerkstelligen.

In einer weiteren Unit wird sich ein Konsortium aus ETH Zürich, Universität Stuttgart und der Werner Sobek Group Themen rund um «Urban Mining» und Recycling annehmen. Die Unit nutzt Abfall als Materialressource und verwendet prototypische Produkte mit dem Ziel, das Potenzial dieser Materialquelle zu ergründen. Gleiches gilt für sogenannte kultivierte Baumaterialien, die in einer zweiten Phase in die Unit integriert werden. Das sind Materialien, die aus Pilzbestandteilen und organischen Abfallstoffen bestehen und in frei wählbaren Formen wachsen können.

Kontakt

Reto Largo
reto.largo@empa.ch

Roboter auf der Baustelle und die Fassade als Energielieferant

An einer weiteren Unit arbeitet der Nationale Forschungsschwerpunkt (NFS) Digitale Fabrikation, der an der ETH Zürich beheimatet ist. Ziel der Forschenden ist es, digitale Technologien nahtlos mit dem physischen Bauprozess zu verknüpfen. NEST dient dabei als reale Testumgebung für vollkommen neue Technologien der digitalen Vor-Ort-Fabrikation sowie der massgeschneiderten, digitalen Vorfabrikation.

An der EPF Lausanne schreitet die Planung der Unit «SolAce» voran. Die Unit wird Wohn- und Arbeitsräume für zwei Personen beinhalten. Die Forscherinnen und Forscher legen in «SolAce» den Schwerpunkt auf die Fassade und die Integration von Fotovoltaik und Fotothermik. Allerdings steht nicht nur die Energiegewinnung im Zentrum, sondern auch eine Komfortsteigerung im Innern der Unit – erreicht durch eine optimale Tageslichtsteuerung und weitere aktive Fassadenelemente.

Die zukünftige Forschungs- und Innovationsunit «HiLo» wird die Möglichkeiten im Leichtbau demonstrieren. Für das zweigeschossige Penthouse, das Gästen als Wohn- und Arbeitsraum dienen wird, kombinieren die Forscher und Architekten der ETH Zürich Ultraleichtbau im Bereich der Böden und des Dachs und adaptive Gebäudetechnik am Beispiel einer Solarfassade. //

Der Schlüssel zum Erfolg: Erneuerbare Energien speichern

500 – 600

**Kilometer Reichweite hat ein typisches
Brennstoffzellenfahrzeug mit einer
Wasserstofftankfüllung von 700 bar.**

Im Herbst 2016 hat die Empa in Dübendorf die erste Wasserstoff-tankstelle der Schweiz für Personenwagen mit einem Fülldruck von 700 bar in Betrieb genommen. Die Tankstelle ist Teil des Mobilitätsdemonstrators move und wird für verschiedene Projektfahrzeuge der Empa sowie für Wasserstofffahrzeuge von privaten Besitzern genutzt.

Wasserstofftankstelle mit 700 bar

Der vom Bundesamt für Energie (BFE) und verschiedenen Industriepartnern unterstützte Mobilitätsdemonstrator ist seit November 2015 in Betrieb; er bietet neben einer Elektrotankstelle auch Zapfsäulen mit Erd-/Biogas (CNG, «compressed natural gas») und mit einer Mischung von Erd-/Biogas und Wasserstoff (HCNG). Reiner Wasserstoff stand in einer ersten Phase mit einem Fülldruck von 350 bar zur Verfügung. Dieser Druck eignet sich in erster Linie für die Betankung von Nutzfahrzeugen mit grossen Tanks. Mit der 2016 fertig gestellten 700-bar-Zapfsäule für Wasserstoff will die Empa den Betrieb von Brennstoffzellen-Personenfahrzeugen genauer untersuchen; dabei stehen kompakte Tanks, eine möglichst grosse Reichweite und eine schnelle Betankung im Zentrum. Personenwagen mit Wasserstoffantrieb lassen sich damit innerhalb von zwei bis drei Minuten betanken und haben bei vollem Tank eine Reichweite von

500 bis 600 Kilometern. Damit werden Brennstoffzellen-Fahrzeuge gegenüber herkömmlichen Benzin- oder

Dieselfahrzeugen punkto Betankungskomfort auf einen Schlag konkurrenzfähig.

Um die rasche Betankung zu ermöglichen, wird der komprimierte Wasserstoff auf -40°C vorgekühlt. Dies ist nötig, damit die Temperatur im Tank durch die Kompressionswärme, die während der Betankung entsteht, nicht zu stark ansteigt. Über eine intelligente Infrarotschnittstelle «kommuniziert» das Fahrzeug während des Tankvorgangs mit der Zapfpistole und übermittelt zum Beispiel Angaben zu Temperatur und Füllstand.

Saisonale Überschüsse nutzbar machen

An Wasserstoff wird man kaum vorbeikommen, will man im grossen Stil erneuerbare Energie produzieren. Da diese nicht immer dann anfällt, wenn sie im Strommarkt gebraucht werden kann, müssen die temporären Überschüsse in einen speicherbaren und ausserhalb des Strommarktes nutzbaren Energieträger umgewandelt werden. Für den Tag-Nacht-Ausgleich stehen kleinskalige Batteriespeicher auf der untersten und Pumpspeicherkraftwerke auf der obersten Netzebene zur Verfügung. «Power-to-Gas»-Anlagen, mit denen Treibstoffe wie Wasserstoff oder Methan erzeugt werden können, liegen kapazitäts- und





1

1
In move (links) wird der Wasserstoff seit Herbst 2016 zusätzlich zu der 440-bar-Speicherung auch auf 900 bar verdichtet und gespeichert. Damit sind Betankungen bis 700 bar möglich. Im Bild (oben) die Verdichtungs- und Speicheranlage.

Kontakt
Christian Bach
christian.bach@empa.ch

leistungsmässig dazwischen und sind auf einer mittleren Netzebene angebunden. Solche Anlagen sind in der Lage, auch längere Überschüsse nutzbar zu machen und Wirkungsgradverluste bei der Stromproduktion aufgrund fluktuierender Einspeisung aus PV- und Windanlagen zu reduzieren, indem diese Anlagen antizyklisch betrieben werden, um die Residuallastdynamik zu mindern. Power-to-Gas-Anlagen sind für den starken Ausbau neuer erneuerbarer Elektrizität unverzichtbar, da es damit keine Nutzbarkeitsgrenze für PV- oder Windstrom mehr gibt, egal wann dieser produziert wird. So produzierte Energieträger wie Wasserstoff oder Methan können fossile Treibstoffe wie Benzin, Diesel oder Erdgas ersetzen.

Das ist vor allem für Vielfahrer sinnvoll: Rund 20 Prozent der Fahrzeuge in der Schweiz weisen jährliche Fahrleistungen von mehr als 20 000 Kilometern auf und sind zusammen für fast die Hälfte aller gefahrenen Kilometer verantwortlich. Um solche Fahrzeuge von fossiler auf erneuerbare Energie umzustellen, sind hohe Reichweiten und schnelle Betankungszeiten erforderlich, die rein elektrisch betriebene Fahrzeuge mit Batterie zumindest in naher Zukunft nicht bieten können. Wasserstoff- und Methangasfahrzeuge eignen sich dagegen auch für Langstreckenfahrten. Die Empa untersucht an der nun erweiterten Tankstelle von move verschiedene Nutzungsarten von Wasserstoff: direkt für Nutzfahrzeuge, Personenwagen und Arbeitsmaschinen wie Kehrfahrzeuge mit Brennstoffzellen sowie als Beimischung zu Erd-/Biogas für Gasfahrzeuge. //

Beschichtungszentrum: Von der Forschung zur industriellen Umsetzung

Im neuen Beschichtungszentrum der Empa, dem «Coating Competence Center» (CCC), finden massgeschneiderte Beschichtungen den Weg aus den Forschungslabors zur marktfähigen Industrieanwendung. Das im April eröffnete Zentrum beherbergt diverse Beschichtungsanlagen für Hartstoffschichten, flexible Fotovoltaik und organische Elektronik sowie 3-D-Drucker für metallische Werkstoffe und Biokomposite. Die Anlagen sind industrienah, was die Prozesstechnik betrifft, haben jedoch Modifikationen, die den Forscherinnen und Forschern eine detaillierte Prozessanalytik ermöglichen. Dies soll der Schweizer Industrie das «Up-Scaling» erleichtern und damit einen Innovationsvorsprung im internationalen Wettbewerb sichern.

Um am Weltmarkt bestehen zu können, werden mehr und mehr massgeschneiderte Lösungen gefordert. Dies gilt insbesondere für Beschichtungen, seien es neuartige, noch verschleissfestere Hartstoffschichten oder intelligente Multischichtsysteme mit spezifischen Eigenschaften und Funktionen. Auch flexible Solarzellen, eine vielversprechende

Zukunftstechnologie, bestehen aus einer Abfolge Submikrometer-dünner Schichten, die im Hochvakuum aufgedampft werden. Selbst derart komplexe Schichtaufbauten lassen sich im CCC auf einer Anlage mit industrieller Prozesstechnik realisieren.

10

Mikrometer sind die maximale Abweichung, wenn die Spezialdruckmaschine «nsm C600» im «Coating Competence Center» der Empa mehrere Schichten übereinanderdruckt.

Wichtige Schnittstelle Forschung – Industrie

Im CCC arbeiten Wissenschaftler und Ingenieure gemeinsam auf Pilotanlagen, die industrielle Prozesstechnologien abbilden. Die auf diesen Anlagen entwickelten und gegebenenfalls optimierten Prozesse können dann mit vergleichbar wenig zusätzlichem Entwicklungsaufwand auf Anlagen für die grossindustrielle Serienproduktion übertragen werden.

Mehrere Projekte sind bereits angelaufen oder in Planung. So werden

zum Beispiel mit der industriellen Sputteranlage «Ingenia S3p» Beschichtungen aus amorphem tetraedrischem Kohlenstoff erforscht und entwickelt, die Bauteile mit einer diamantähnlicher Schicht mit herausragenden tribologischen Eigenschaften veredelt. Anwendungen sind Motoren- und Getriebekomponenten.

1

3-D-gedruckte Objekte zeigen, welche Geometrien mit Additive Manufacturing möglich sind.



1

Kontakt

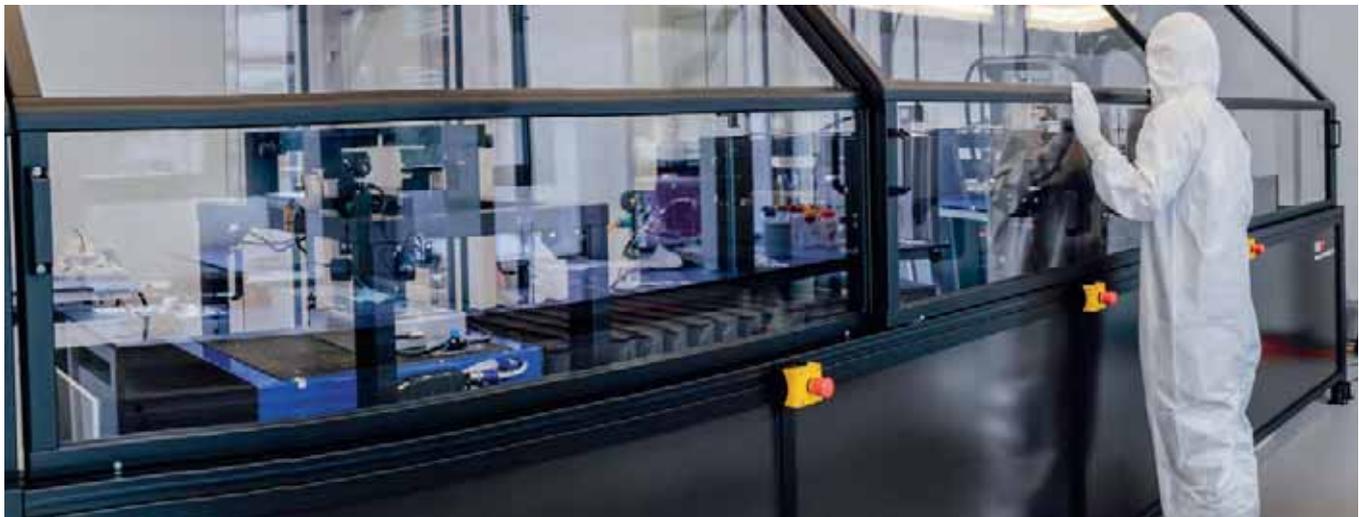
Dr. Pierangelo Gröning
pierangelo.groening@empa.ch

Im Bereich des 3-D-Drucks von Metalllegierungen arbeiten Empa-Forschende unter anderem daran, eine akustische Prozessüberwachung zu entwickeln. Mittels Analyse von Erschütterungen soll während der Fertigung eines Werkstücks festgestellt werden, ob Materialfehler in Form eines Spannungsrisses im Inneren des Bauteils entstanden sind. Dies gilt als ein essenzieller Schritt im Qualitätsmanagement des 3-D-Druck-Fertigungsprozesses.

1

Die weltweit einzigartige Druck- und Beschichtungsanlage im Coating Competence Center erlaubt mit ihren Druckwerken für Flexo-, Tief- und Siebdruck hochgenaues, multifunktionales Mehrschichtdrucken auf flexiblen und starren Substraten.

Die Elektronenstrahl-Bedampfungsanlage «BAK 501 Uni» und die Magnetron-Sputteranlage «Sputter Cluster CT200» kommen beim Aufbau neuartiger, mehrschichtiger Dünnschicht-Solarzellen zum Einsatz. Und die Präzisionsdruckmaschine «nsm C 600» ermöglicht es, auf flexiblen und starren Substraten mehrere Schichten mit einer Positioniergenauigkeit von unter 10 Mikrometern übereinanderzudrucken. Sie soll unter anderem für die Erforschung und Entwicklung neuartiger Materialien und Tintenformulierungen für druckbare Elektronik, Dünnschichtbatterien und organische Beleuchtungselemente (OLEDs) dienen. //



13

verschiedene Komponenten zur Erzeugung, Speicherung und Umwandlung von Energie sind im intelligenten Energiequartier auf dem Empa-Areal miteinander vernetzt.

Wie organisieren wir die Energieversorgung im postfossilen Zeitalter? Wie lässt sich Energie effizient speichern? Und wie organisieren wir die Verteilung so ökonomisch und komfortabel wie möglich? Die Forschungsplattform «Energy Hub» – kurz ehub – sucht Antworten. Sie ist ein besonders flexibles Energienetz, das die Forschungsunits des Gebäudedemonstrators NEST (siehe Seite 42) mit dem Mobilitätsdemonstrator move (siehe Seite 45) verbindet. Gemeinsam bilden die Empa-Demonstratoren damit ein Stadtquartier der Zukunft und die Grundlage für Energieforschung auf Quartierebene.

Häuser und Quartiere der Zukunft könnten sich über längere Zeit selbst mit Energie versorgen. Obwohl technisch möglich, sind sie sinnvollerweise nicht vollkommen autark. Immer wieder verbinden sie sich mit dem öffentlichen Stromnetz, speisen Strom, etwa aus Solaranlagen, ein oder beziehen zu Spitzenlastzeiten oder über längere Perioden wie im Winter zusätzliche Energie. Dies ist bei Weitem nicht nur Strom, sondern auch Wärme und, unter anderem für die Mobilität, auch Wasserstoff oder erneuerbares, synthetisches Erdgas.

Nur: Wie lässt sich das optimal regeln? Und wessen Interessen sind letztlich entscheidend? Wie kann dies implementiert werden, ohne dass höhere Spitzenlasten entstehen und Netze und Kraftwerke ausgebaut werden müssen? Diese Fragen

sind nicht nur gesellschaftlich und wirtschaftspolitisch relevant; auch die technische Lösung künftiger Einspeise- und Bezugsregelungen ist bislang nur unzureichend erforscht. ehub soll Antworten liefern und Möglichkeiten aufzeigen. Wenn NEST einst voll belegt sein wird, werden bis zu 15 Forschungsunits mit Wohnungen, Büros und Freizeitanlagen von ehub versorgt – das bedeutet den Energiebedarf von 40 Bewohnerinnen und Bewohnern plus 40 tagsüber im Gebäude arbeitenden Menschen. Der Energieverbrauch der einzelnen Units wird sich mehrfach am Tag ändern und damit auch die Fließrichtung der Energie. So wird beispielsweise die Mittagssonne auf die Solar-dächer der Wohnmodule strahlen, in denen dann aber niemand Energie bezieht, während zur gleichen Zeit Energie im Bürotrakt benötigt werden wird. Am Abend kann die überschüssige Wärme aus den Modulen mit Südwestfassade abgeleitet werden und die Sauna im Fitness- und Wellness-Bereich aufheizen.

Saisonale Energiespeicher

Zusammen mit dem Energiemanagement innerhalb eines Tagesverlaufs werden auch Speichermedien erprobt, die Energie tageweise, wochenweise oder gar saisonal speichern können. ehub verfügt über einen 65 Kubikmeter grossen Eisspeicher, zwei Erdsonden mit 260 Meter Bohrtiefe und eine gewendelte Erdsonde, die 12 Meter in die Tiefe reicht. Im Sommer wird mit überschüssiger Raumwärme Eis geschmolzen, im Winter wird diese Wärme dem Eis wieder entzogen und über eine Wärmepumpe den Räumen zugeführt. Ein Grossteil der Energie wird dabei im Phasenübergang von fest auf flüssig gespeichert.

Die drei Erdsonden werden im Sommer mit bis zu 80 °C warmem Wasser durchspült; die gespeicherte Wärme im Boden kann dann im Winterhalbjahr ins Haus zurückgeholt werden. Zudem verfügt ehub über Superkondensatoren zur raschen Stromspeicherung und ein Batteriepaket mit einer Kapazität von 96kWh (Kilowattstunden). Diese Batterien sollen laut Planung etwa den Tagesbedarf des voll besetzten NEST speichern können.

Sind alle Batterien voll, kann der zusätzlich erzeugte Strom ins move geleitet und dort in einer Elektrolyseanlage zur Herstellung von Wasserstoff genutzt werden. Wasserstoff lässt sich in Druckgasflaschen über mehrere Wochen lagern oder direkt in Brennstoffzellenautos nutzen. Auch NEST selbst kann Wasserstoff wiederverwerten: Im Keller steht eine Hochtemperatur-Brennstoffzelle, die normalerweise Erdgas in Strom und Wärme umwandelt. An ihr soll untersucht werden, wie viel selbsterzeugter Wasserstoff dem Erdgas zugemischt werden kann.



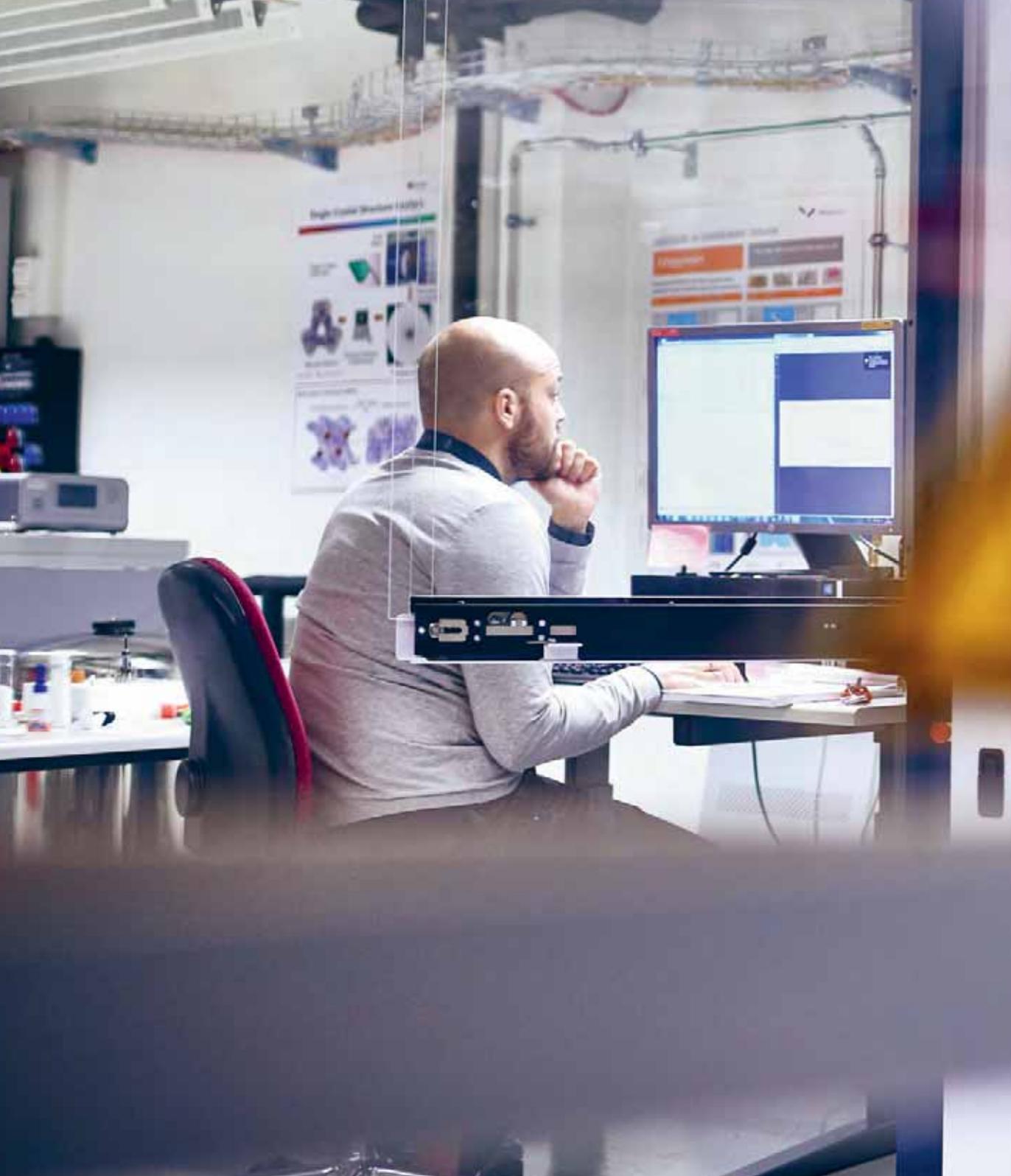


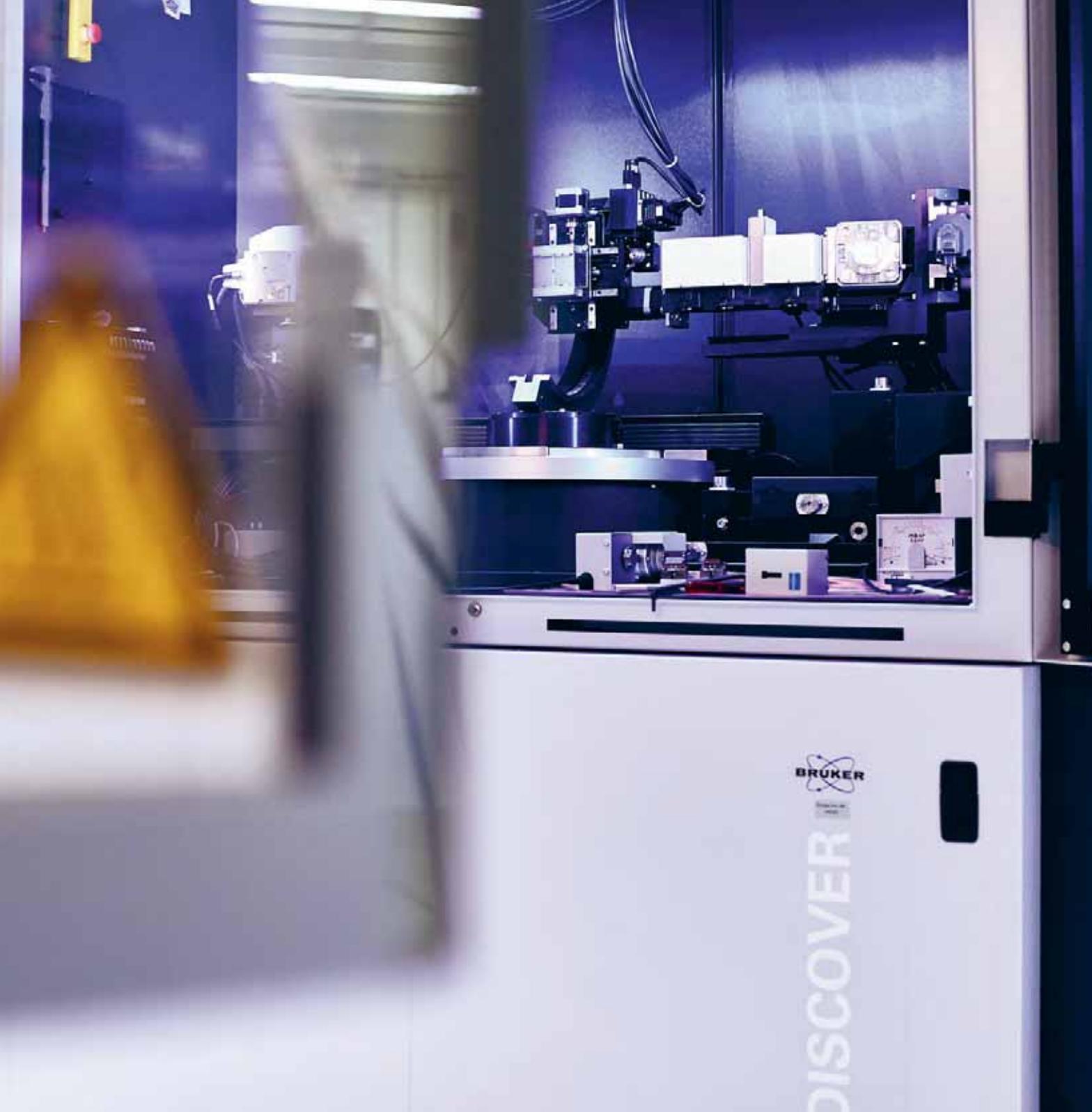
Flexibilität als Forschungsgegenstand

Die in den Demonstratoren eingebauten Haustechnikkomponenten sind dabei keine Prototypen, sondern zumeist kommerziell erhältliche Geräte auf dem aktuellen Stand der Technik. Der Clou liegt in der neuartigen Vernetzung der Komponenten, mit der die Forscher neue Szenarien der Energiebewirtschaftung flexibel evaluieren und deren Wirksamkeit analysieren wollen. Nicht nur können Forscher und Industriepartner dort neue Steuerungsmodule oder Prototypen einbauen und validieren, auch die Regelung selbst ist höchst flexibel: Alle im Normalbetrieb automatisiert laufenden Anlagen können übersteuert, mit neuen Algorithmen versehen und zu neuen Verbrauchergruppen zusammengefasst werden.

Die Forschungsarbeit in ehub begann im November 2016. Die einzelnen Forschungsprojekte werden Erkenntnisse darüber liefern, wie viel Energie mit welchen Leistungsspitzen in Wohnquartieren benötigt wird und wie sich die benötigte Energiemenge mit vernünftigem Aufwand minimieren lässt. Es wird unter anderem Hinweise darauf geben, wie autonom Wohn- und Arbeitsquartiere ihre Energieversorgung bewirtschaften dürfen – und inwieweit netzdienliches Verhalten künftig mit Gesetzen und Verordnungen erreicht werden soll. ehub ist damit nicht nur ein technisches und ökologisches Forschungsprojekt, sondern auch ein politisches. //

1
Die dreizehn Energiequellen und Speichermedien von ehub hängen an drei verschiedenen Energienetzen, die miteinander verbunden sind.





Discover
NMR

DISCOVER

Research Focus Areas

Wo liegen die grossen Herausforderungen unserer Zeit? Zweifellos in den Bereichen Gesundheit und Wohlbefinden des Menschen, Umwelt und Klima, bei den zur Neige gehenden Rohstoffen, in einer sicheren und nachhaltigen Energieversorgung und bei der Erneuerung unserer Infrastruktur. In ihren fünf Forschungsschwerpunkten, den «Research Focus Areas», bündelt die Empa das interdisziplinäre Know-how ihrer mehr als 30 Forschungslabors und Zentren und erarbeitet dadurch praxisnahe Lösungen für Industrie und Gesellschaft.

Dünne Schichten: Wenig Material – grosse Wirkung

Der berühmte Physiker und Nobelpreisträger Wolfgang Pauli hat einmal gesagt: «Gott schuf das Volumen, der Teufel die Oberfläche.» Trefflicher kann man die technischen und methodischen Schwierigkeiten bei der Entwicklung, Optimierung und Charakterisierung von Oberflächen oder Beschichtungen nicht ausdrücken. Doch machen gerade die Oberflächen und deren Eigenschaften einen Festkörper erst zu einem funktionellen Werkstoff. Ein eleganter und effizienter Ansatz, Werkstücke und Werkzeuge zu optimieren und so bestimmte Anwendungen überhaupt erst zu ermöglichen, sind Beschichtungen – einige Mikrometer, oft sogar nur wenige Nanometer dünn.

Mit dünnen Schichten lassen sich aber nicht nur Werkstoffoberflächen veredeln, man kann auch komplexe funktionale Werkstoffe herstellen, indem der Werkstoff Schicht für Schicht aufgebaut wird. Ein klassisches Beispiel hierfür ist die Dünnschichtsolarzelle. Diese besteht aus mindestens drei, meistens aber aus mehr dünnen Schichten, wobei die ganze Zelle weniger als fünf Mikrometer dünn ist.

Skymionen – magnetische Wirbel zur Datenspeicherung

Halbleiterlaufwerke, sogenannte Solid State Disks (SSD), verdrängen herkömmliche (sprich: magnetische) Harddisks aus den PCs. Doch neuste Erkenntnisse über magnetische Wirbel-

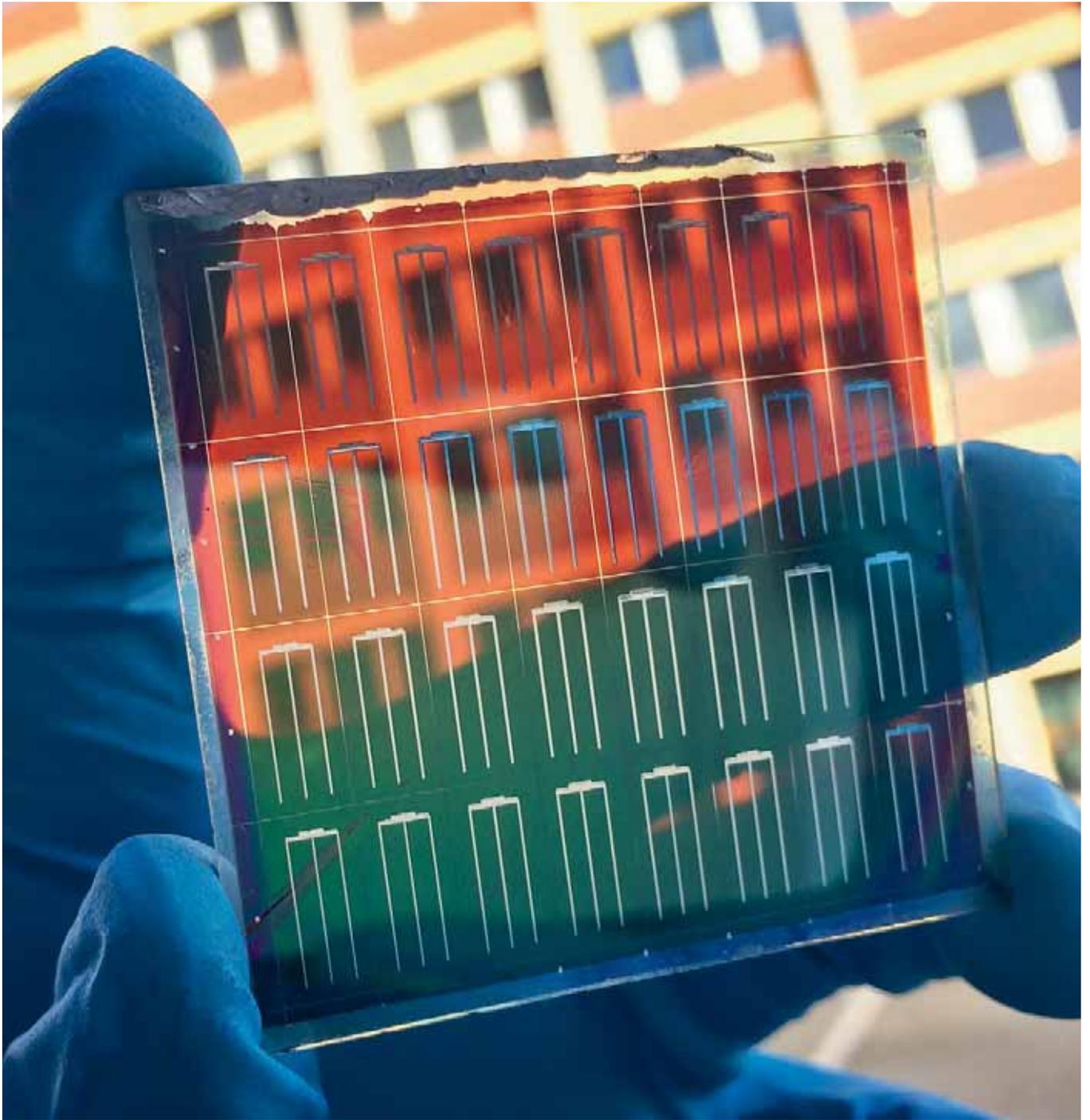
strukturen, sogenannte Skymionen, könnten der Harddisk zu einem Comeback in der Unterhaltungselektronik verhelfen. Skymionen sind stabile magnetische Wirbel mit nur wenigen Nanometern Durchmesser. Sie lassen sich mit einer feinen magnetischen Spitze gezielt erzeugen und wieder löschen. Dies macht sie zu Kandidaten für die nächste Generation von Datenspeichern. Skymionen können sich in extrem dünnen ferromagnetischen Schichten ausbilden. Ihre Eigenschaften werden definiert von einer ferromagnetischen Schicht (zum Beispiel aus Kobalt) und besonders von deren Grenzflächen zu zwei unterschiedlichen, nicht magnetischen Schichten (wie Platin oder Iridium), zwischen die sie eingebettet ist. Die grosse technische Herausforderung ist die Abscheidung der ultradünnen Schichten. Diese müssen homogen und geschlossen sein – bei einer Schichtdicke von weniger als fünf Atomlagen! Mit herkömmlichen Aufdampf- oder Sputterquellen ist das kaum möglich. Deshalb entwickelt die Empa derzeit zusammen mit einem Industriepartner eine neuartige Sputterquelle, mit der das Wachstum ultradünner Schichten besser kontrolliert und gesteuert werden kann.

Im Tandem effizienter – Solarzellen

Das theoretische Maximum der Effizienz einer einfachen, aus einem Absorbermaterial aufgebauten Solarzelle liegt bei 33 Pro-

1

Semitransparente Perowskit-Dünnschicht-Solarzelle: Sie absorbiert das UV- und das sichtbare Licht und ist transparent für das nahe Infrarotlicht. Sie dient als «Top-Zelle» in der Perowskit/CIGS-Tandem-Solarzelle.

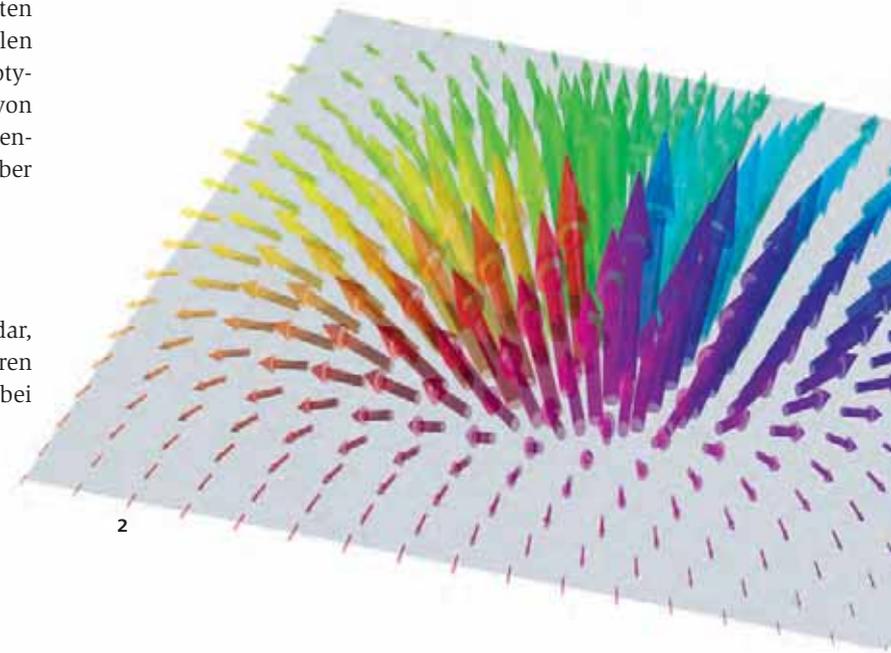
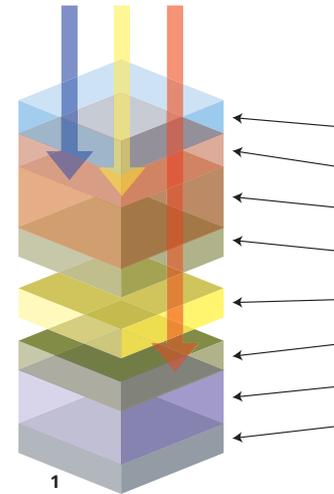


1

zent. Es gibt kein Material, das mehr Sonnenenergie direkt in elektrische Energie umwandeln kann. Um eine höhere Effizienz zu erzielen, müssen mindestens zwei Absorbermaterialien übereinandergestapelt werden. Dabei müssen die Materialien so aufeinander abgestimmt sein, dass sie einen möglichst grossen Teil des Spektrums des Sonnenlichts absorbieren und in elektrische Energie umwandeln. Eine geeignete Materialkombination sind Perowskit-Verbindungen ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$) mit Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid (CIGS). Empa-Forschende sind dabei, eine flexible Tandem-Solarzelle zu entwickeln. Neben der Optimierung der Materialien fokussieren sich die Forschungsaktivitäten auf die Verfahrenstechnik, um derart komplexe Solarzellen günstig als Massenprodukt herstellen zu können. Erste Prototypen dieser Tandem-Solarzelle zeigten einen Wirkungsgrad von mehr als 22 Prozent; als realistisches Ziel wollen die Forschenden in den nächsten zwei Jahren einen Wirkungsgrad von über 25 Prozent erreichen.

Neuartige Nano-Lote: je dünner, desto tiefer der Schmelzpunkt

Löten stellt für die zu verbindenden Bauteile eine Belastung dar, insbesondere in der Fertigung von Halbleitern, deren Strukturen immer kleiner und empfindlicher werden. Im Bestreben, bei



Verkapselungsfolie
Transparente Elektrode
Perowskit
NIR-transparente und leitende Schicht
Laminierungsfolie
NIR-transparente und leitende Schicht
CIGS
Substrat

1
Schematischer Aufbau einer CIGS/Perowskit-Tandem-Solarzelle: Die Perowskit-Solarzelle absorbiert UV- und sichtbares Sonnenlicht und ist transparent für die nahe Infrarotstrahlung (NIR). Diese wird von der darunterliegenden CIGS-Solarzelle absorbiert und in elektrische Energie umgewandelt.

2
Mittels Magnetfeld-Kraftmikroskopie gemessene Magnetfeldsignatur eines 100 Nanometer breiten Skyrmions in einer mehrlagigen Dünnschicht aus Iridium, Kobalt und Platin.

immer tieferen Temperaturen schmelzende Lote zu entwickeln, zeigt sich ein radikal neuer Weg über nanostrukturierte Materialien. Seit Langem ist bekannt, dass bei sehr kleinen Dimensionen der Schmelzpunkt von Materialien grössenabhängig ist. Zum Beispiel hat Gold einen Schmelzpunkt von 1064 °C; das Material schmilzt aber in Form von nur drei Nanometer grossen Partikeln bereits bei etwa 500 °C. Dieses Phänomen lässt sich auch an nanometerdünnen Schichten beobachten. Ursache dafür ist, das erhöhte Verhältnis der Grenzflächen zum Gesamtvolumen. Grenzflächen sind energetisch ungünstig und erhöhen somit die Gesamtenergie des Systems. Das bedeutet, dass man für Systeme mit vielen internen Grenzflächen weniger zusätzliche Energie zum Schmelzen aufwenden muss. Dadurch sinkt der Schmelzpunkt. Forschende der Empa wollen diesen nanobasierten Effekt nun nutzen, um besonders niedrig schmelzende Lote zu entwickeln. Ein Ansatz ist, die Anzahl der Grenzflächen im Lotwerkstoff zu erhöhen, indem man ein Schichtsystem aus einer periodischen Abfolge von nanometerdünnen Lagen des Lotwerkstoffs und eines inerten Materials aufbaut. Durch den grossen Anteil an Grenzflächen in dieser Nanomultilagenschicht schmilzt das Lotmaterial bei einer bedeutend tieferen Temperatur. Dabei entsteht aus dem ursprünglichen Multilagensystem ein Komposit aus Lotwerkstoff und Inertmaterial. //

Höchstleistungen für nachhaltiges Bauen

Die Empa konzentriert sich in diesem Forschungsschwerpunkt auf die Entwicklung neuer Materialien, die Konzeption komplexer technischer Systeme und deren Integration in Gebäude und andere Strukturen. Darüber hinaus werden ganze Städte und ihre Interaktion mit der Umwelt untersucht. Ein zentrales Thema auf allen Ebenen sind die Minimierung von Umwelteinwirkungen und die Verbesserung von Komfort und Sicherheit für die Nutzer der gebauten Umwelt.

«Urban Physics» – das Stadtklima im Visier

Im Sommer kommt es in Städten immer wieder zu «Wärmeinseln» mit einer höheren Lufttemperatur im Vergleich zum Umland. Zusammen mit dem Klimawandel dürften Wärmeinseln künftig eine ernsthafte Herausforderung für den Komfort in Städten, die Gesundheit der Stadtbevölkerung und den Energieverbrauch zum Kühlen von Gebäuden darstellen. Die Empa hat umfangreiche Forschungsprojekte begonnen, um die Physik des Stadtklimas besser zu verstehen und Massnahmen gegen solche unerwünschten Effekte zu entwickeln. Dabei geht es unter anderem darum zu verstehen, wie lokale Wärmeinseln entstehen.

An Modellen von Gebäudekomplexen, Strassenschluchten oder Gebäudeensembles werden Messungen im Wind- und Wasserkanal der Empa durchgeführt. Die Gebäude lassen sich individuell beheizen oder kühlen, womit durch Sonnenstrah-

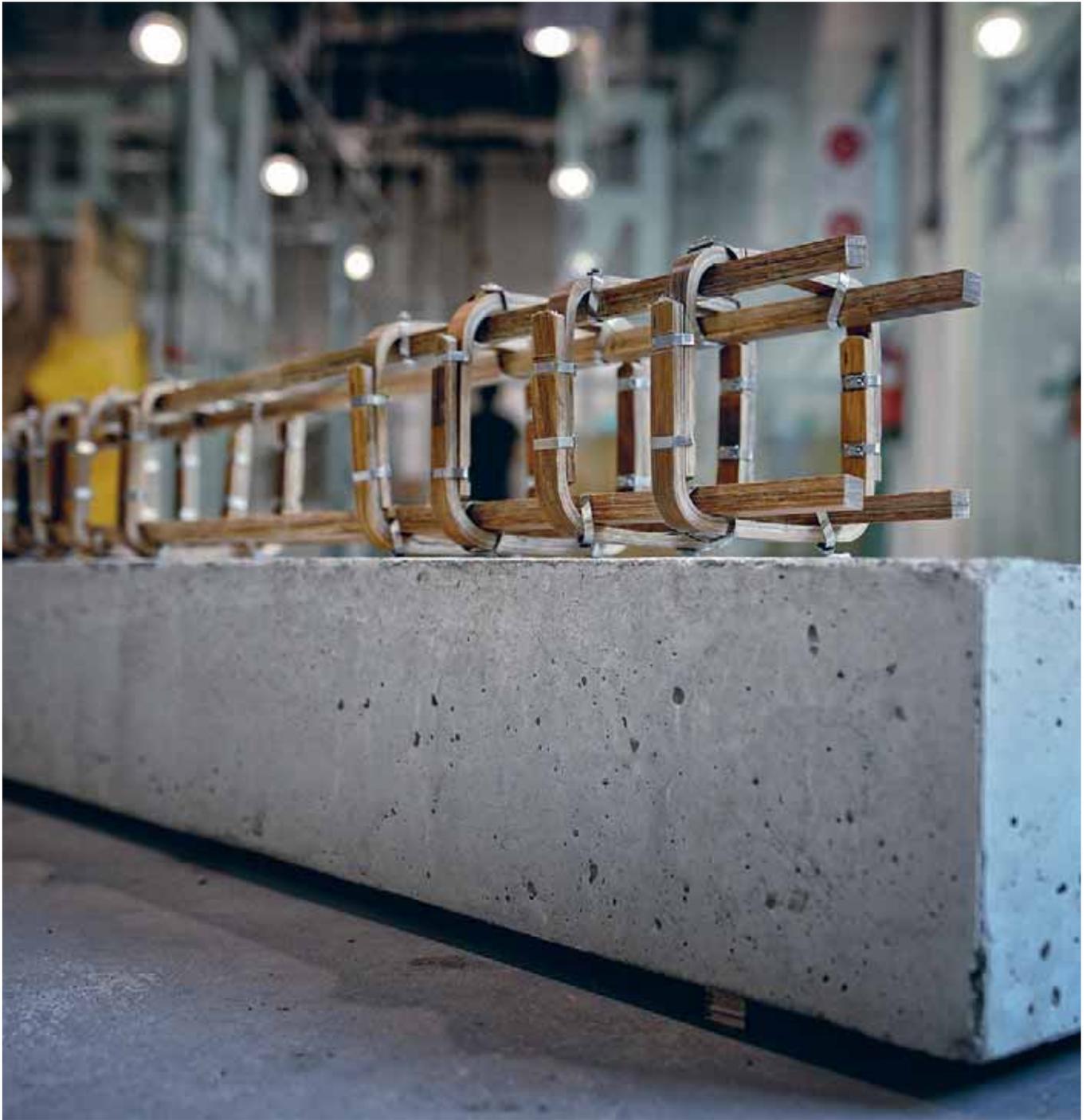
lung erwärmte Dächer und Fassaden oder kühlere Bereiche wie begrünte Dächer oder Gewässer simuliert werden können. Mit Hilfe von «Particle Image Velocimetry» (PIV) lassen sich Strömungsgeschwindigkeiten und Verwirbelungen messen; Oberflächen- und Lufttemperatur werden im Windkanal mit Infrarot-Thermographie, die Wassertemperatur im Wasserkanal durch laserinduzierte Fluoreszenz (LIF) bestimmt.

Bambus statt Stahl als Betonarmierung

Schwellenländer wie Thailand, Vietnam, Indonesien, Indien, Kolumbien und Brasilien besitzen grosse Bambusvorkommen, die dank neuer Technologien vielseitig nutzbar werden. So konzipiert und entwickelt die Empa derzeit gemeinsam mit der Firma REHAU und dem «Future Cities Laboratory» (FCL) der ETH Zürich in Singapur innovative Materialien, die in Schwellenländern zur Deckung des Bedarfs an Betonarmierungen beitragen könnten. Mit Bambus kommt dabei ein ökologisch nachhaltiger, alternativer Werkstoff aus nachwachsenden lokalen Ressourcen zum Einsatz, der während der Wachstumsphase grosse Mengen an CO₂ bindet. Bambusfasern sind gegenüber synthetischen Werkstoffen wie Glas- und Karbonfasern günstiger, und ihre Herstellung benötigt – im Vergleich zu Stahlarmierungen – erheblich weniger Energie. Ein erster, vielversprechender Prototyp eines Armierungselements aus Bambusverbund-

1

Betonträger mit einer Armierung aus Bambusverbundwerkstoff in Längs- und Querrichtung.



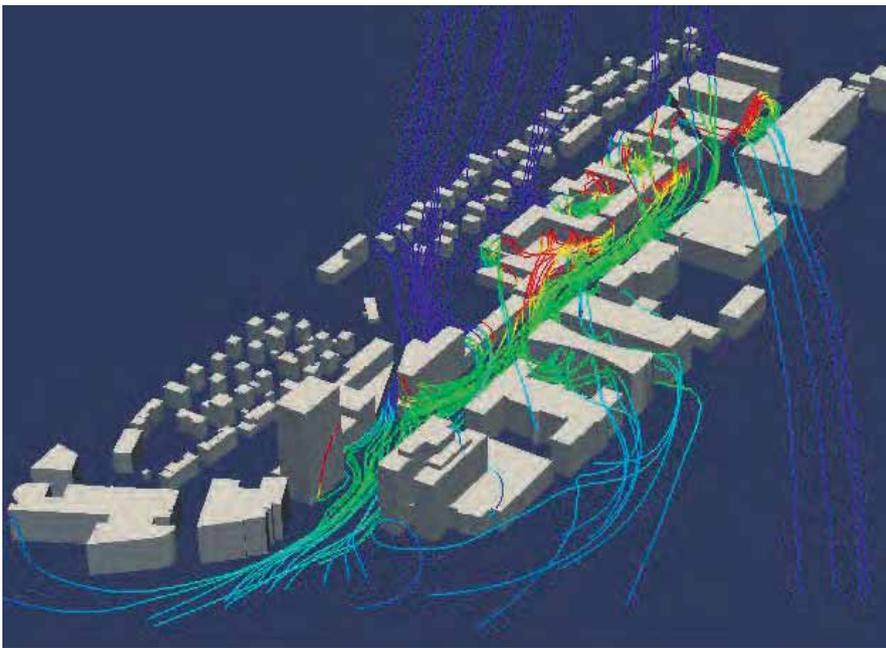
1



1



3



2

1
Mit dem Windkanal (oben) und dem Wasserkanal (unten), die Empa und ETH Zürich gemeinsam betreiben, wird beispielsweise untersucht, wie sich lokale Wärmeinseln in Städten vermeiden lassen.

2
Simulation des lokalen Klimas in einem Zürcher Stadtbezirk: Farbige Strömungslinien kennzeichnen Temperaturerhöhungen als Hinweis auf lokale Wärmeinseln. Simuliert wurde eine Kombination aus Gebäudeenergie und Strömungsdynamik anhand von rechnergestützten Modellen.

3
Fassade des Schulhauses Fallslettsche in Zürich (2006): Hochleistungsspannbeton mit Spanngliedern aus karbonfaserverstärktem Kunststoff (CFRP) ermöglichte die filigranen vertikalen Elemente.
Bild: SACAC AG, Lenzburg

werkstoff (BFRP) für Konstruktionsbetonträger liegt bereits vor. Der neue Verbundwerkstoff erreicht bezüglich Zug- und Biegefestigkeit und Elastizitätsmodul tiefere Werte als Stahl. Allerdings beträgt das Gewicht lediglich 1,3 Tonnen pro Kubikmeter, was deutlich weniger als die Stahldichte ist.

Karbonverstärkter Hochleistungsbeton, der sich «von selbst» vorspannt

Der weltweite Trend hin zu filigranen Formen zeigt sich in der Baubranche besonders an Gebäudefassaden. Diese lassen sich jedoch nur teilweise mit herkömmlichem Stahl- bzw. Spannbeton realisieren. In einem früheren KTI-Projekt wurden an der Empa vorgespannte Hochleistungsbetonelemente mit Spanngliedern aus karbonfaserverstärktem Kunststoff («carbon fiber reinforced polymers», CFRP) entwickelt. Diese sind leicht, extrem zugfest und elastisch und schneiden daher in vielerlei Hinsicht besser ab als Vorspannglieder aus Stahl. Ausserdem sind sie korrosionsbeständig. Dank CFRP-Spanngliedern lassen sich deutlich filigranere – und trotzdem stabile – Betonelemente realisieren. Und im Gegensatz zu Stahl geht bei den Karbonspanngliedern so gut wie keine Vorspannung durch Relaxation verloren.

Dagegen sind die benötigten Vorspannvorrichtungen ähnlich aufwändig wie jene bei herkömmlichem Spannbeton. In einem vor Kurzem angelaufenen Projekt verwenden Empa-Forscher daher Beton, der sich nach dem Aushärten ausdehnt und so eine Zugspannung in das CFRP-Spannglied und eine Druckspannung in den Hochleistungsbeton einbringt; dadurch entfällt die Notwendigkeit einer Vorspannung von aussen, der Herstellungsprozess wäre deutlich einfacher (und günstiger). Mit diesem als chemische Vorspannung oder Selbstvorspannung bezeichneten Verfahren liessen sich indes bislang lediglich geringe Vorspannungen erzeugen. Dank einer neuen Betonrezeptur und dank neuer CFRP-Spannglieder mit einem Elastizitätsmodul von über 460 GPa hat das Empa-Team nun aber eine deutlich höhere, dauerhafte Vorspannung erreicht.

Die mit dieser neuen Technik hergestellten vorgespannten Betonträger sind betreffend Biegefestigkeit und Verformbarkeit herkömmlichen vorgespannten Trägern ebenbürtig. Durch die Selbstvorspannung können Elemente sogar in zwei Richtungen vorgespannt werden. Selbst gebogene vorgespannte Elemente sind machbar. Die Erfindung wurde bereits zum Patent angemeldet, und die Empa ist derzeit für die Weiterentwicklung und Vermarktung auf der Suche nach Industriepartnern. //

Emissionen senken – für eine nachhaltige Zukunft

Das stetige Bevölkerungswachstum führt zwangsläufig zu einer Intensivierung von Aktivitäten auf regionaler wie auch globaler Ebene. Die daraus resultierenden Emissionen, Schadstoffe aus industriellen Prozessen sowie Schadstoffe und Lärm aus der zunehmenden Mobilität beeinträchtigen sowohl die Umwelt wie auch die Gesellschaft. Die Reduktion dieser Emissionen ist deshalb entscheidend für eine nachhaltige Zukunft mit einer intakten Umwelt und einer gesunden Bevölkerung. Ein zentrales Ziel der Empa ist es, den Ursprung der Emissionen zu analysieren und das Wissen zu erarbeiten, um technische Reduktionsmassnahmen einzuleiten und die Basis für politische Entscheide zu legen.

«Low cost»-Sensoren mit einzigartigen Möglichkeiten

Neuartige, günstige und batteriebetriebene Sensoren können in grosser Anzahl eingesetzt werden und haben daher das Potenzial, Umweltinformationen in noch nie da gewesener räumlicher und zeitlicher Auflösung zu liefern. Dies eröffnet neue Möglichkeiten für die direkte Bestimmung von Emissionen und damit für die Beurteilung der gesundheitlichen Belastung der Bevölkerung in Ballungsgebieten.

Empa-Forschende haben gemeinsam mit verschiedenen Partnern ein Konzept entwickelt, um diesen neuen, noch wenig erforschten Ansatz in die Praxis umzusetzen. Beteiligt sind das

Empa-Spin-off Decentlab für die Integration der Sensoren und die Datenübertragung, die Swisscom als Spezialist für Telekommunikation und das neue «Swiss Data Science Center». Mehr als 300 dieser einfachen Sensoren werden kombiniert mit einigen hochpräzisen Messstationen und mittels statistischer Algorithmen und atmosphärischer Transportmodellierung verknüpft und validiert. Das Projekt dürfte wegweisend sein für die Zukunft, in der neue Datenübertragungskonzepte wie Low-Power-Netzwerke und das «Internet der Dinge» diesen Ansatz noch weiter revolutionieren werden.

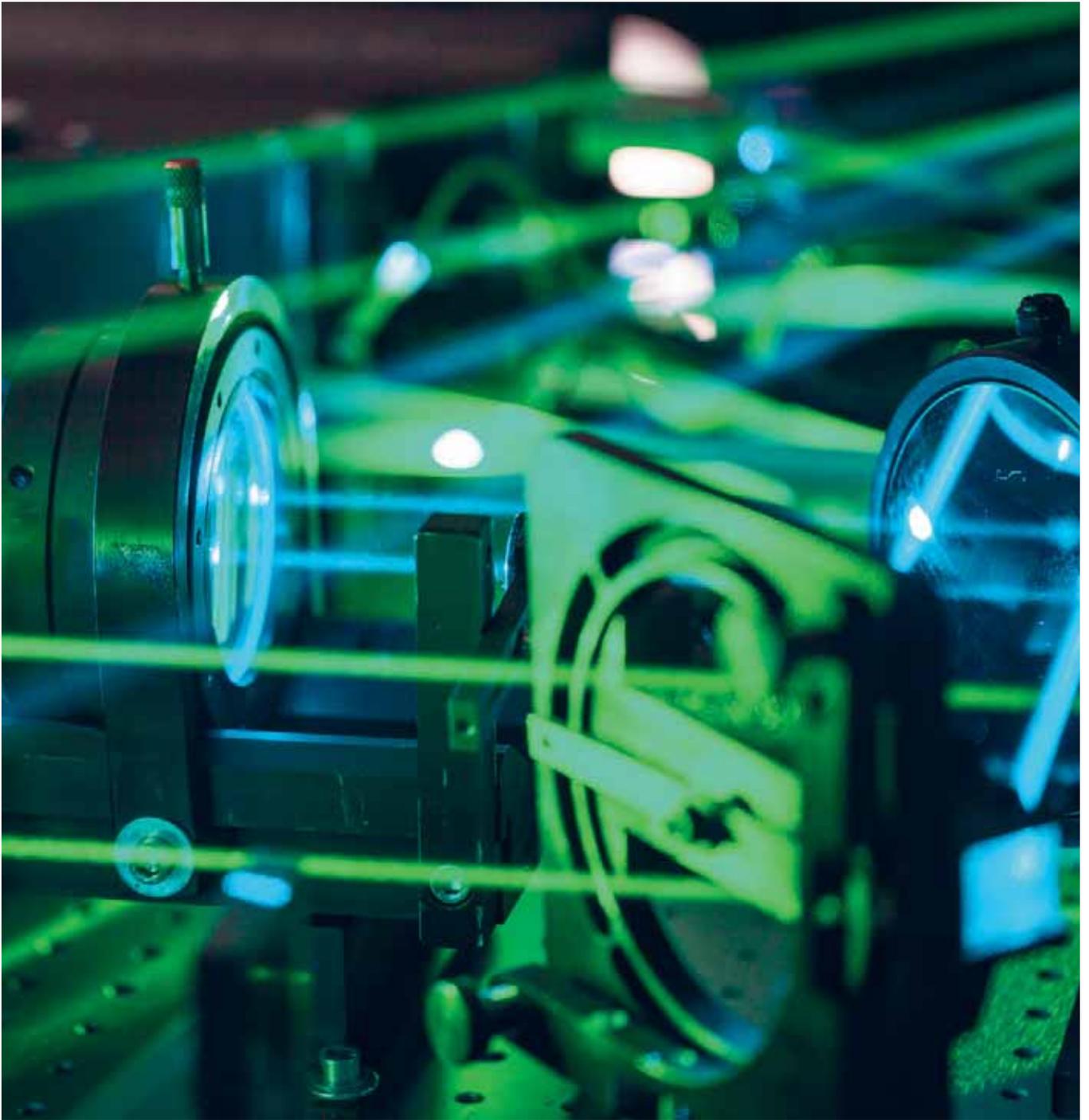
Den Stickoxiden den Kampf angesagt

Um den Ausstoss von Stickoxiden im Abgas von Diesel- und mageren Gasmotoren zu senken, ist die sogenannte selektive katalytische Reduktion am effizientesten. Bei korrekter Zugabe eines in der Regel flüssigen Reduktionsmittels wie einer Harnstofflösung resultieren nur die harmlosen Produkte Stickstoff (N_2) und Wasser (H_2O). Die richtige Dosierung des Reduktionsmittels ins heisse Abgas ist jedoch äusserst kompliziert, da die Einspritzung so ausgelegt werden muss, dass möglichst keine Nebenprodukte entstehen.

Empa-Forschende haben die Wärme- und Stoffübertragung sowie die Verdampfung und Kristallisation beim Auftreffen des eingespritzten Reduktionsmittels auf die Abgaswände detailliert

1

Lasermessgeräte wie dieses Phasen-Doppler-Anemometer geben Aufschluss über die Tröpfchengrösse und -bewegung des Reduktionsmittels bei der katalytischen Stickoxidreduktion in Dieselmotoren.



1

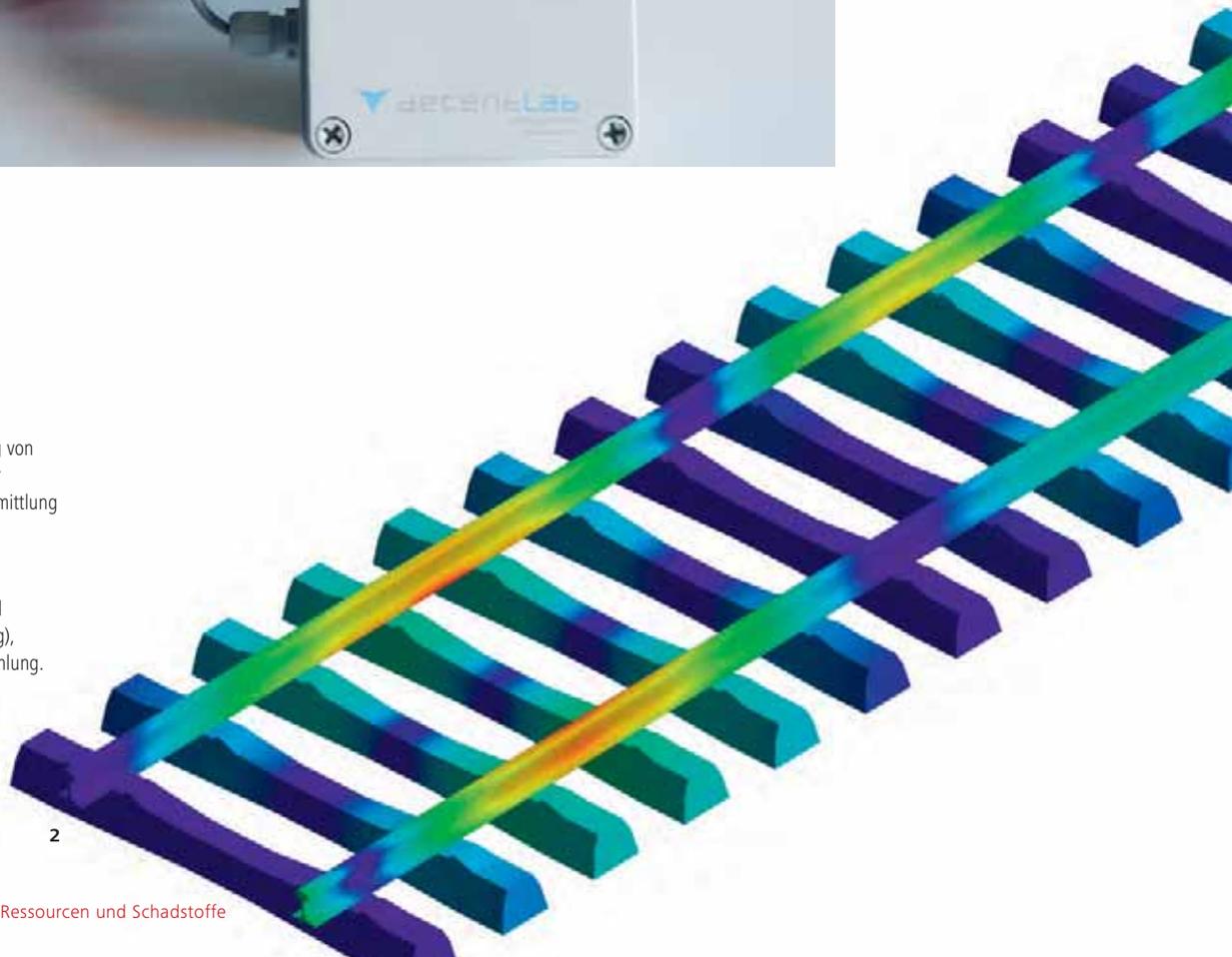


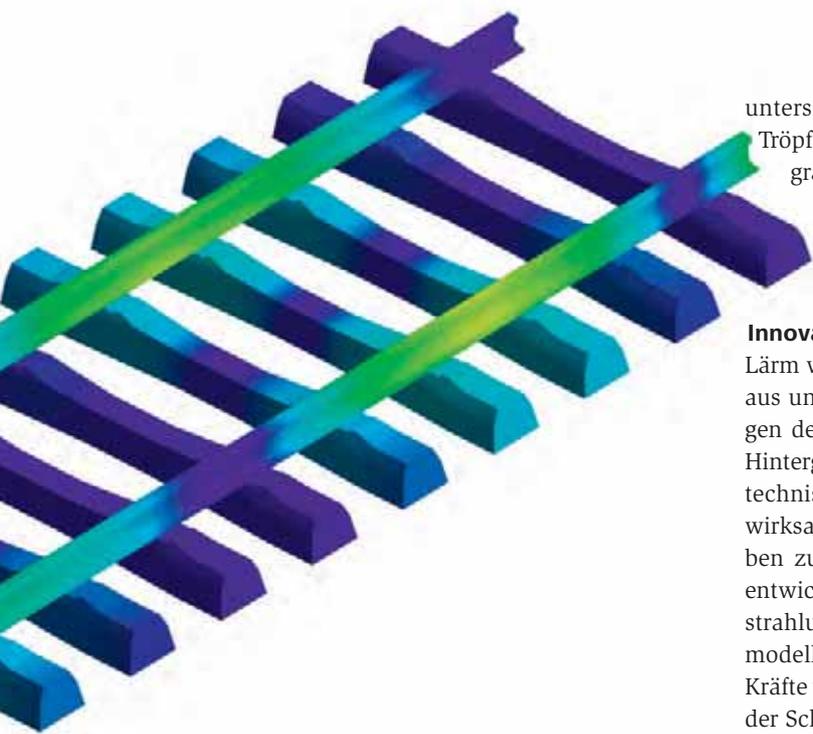
1

1
Ein «Low cost»-Sensor zur Bestimmung von Luftschadstoffen wird im Kalibrierlabor der Empa samt integrierter Datenübermittlung für das Netzwerk kontrolliert.

2
Schwingungsformen von Schienen und Schwellen (bei harmonischer Anregung), Basis zur Berechnung der Schallabstrahlung.

2





untersucht. Lasermesstechniken geben Aufschluss über die Tröpfchengrösse und -bewegung, und mittels Infrarot-Thermographie wurden der Wärmeaustausch und die lokale Verdampfung analysiert. Die gewonnenen Erkenntnisse sind ein wesentlicher Fortschritt hin zu einer effizienten Stickoxidsenkung bei Verbrennungsmotoren.

Innovative Lösungen zur Lärminderung

Lärm wirkt sich negativ auf unseren Körper und unsere Psyche aus und beeinträchtigt die Lebensqualität bereits bei Belastungen deutlich unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte. Vor dem Hintergrund einer zunehmenden Mobilität sind planerische und technische Massnahmen entscheidend, um die Bevölkerung wirksam vor Verkehrslärm zu schützen. Empa-Forschende haben zusammen mit Partnern ein innovatives Simulationstool entwickelt, mit dem sich die Schallentstehung sowie die Abstrahlung der Rollgeräusche von Zügen physikalisch korrekt modellieren lässt. Das Fahrdynamikmodell, das einwirkende Kräfte und Lasten realitätsnah simuliert, erlaubt die Berechnung der Schwingungsanregung und der damit verbundenen Lärmemissionen des gesamten Gleissystems. Dies ist die entscheidende Grundlage für gezielte Modifikationen der Gleisanlagen, um dadurch Züge leiser, aber auch sicherer, vibrationsärmer und langlebiger zu machen. //

Von der heissen Schokolade bis zum warmen Wohnzimmer – ohne Energie läuft nichts. In den letzten Jahren ist das Bewusstsein für die zentrale Rolle der Energie in unserem Leben markant gestiegen. Getrieben unter anderem durch die Energiestrategie des Bundes sind viele innovative Ideen entstanden, an deren Umsetzung fieberhaft gearbeitet wird, auch an der Empa. Nicht alle tragen gleich viel zu den Herausforderungen einer nachhaltigen Energiezukunft bei; einige sind – im Gesamtzusammenhang gesehen – langfristig sogar schlechter als heutige Systeme. Auf der anderen Seite gibt es Technologien, die weniger energieeffizient, aber trotzdem nachhaltiger sind.

Um «Sinn» von «Unsinn» zu unterscheiden, erarbeitet die Empa in ihrem Forschungsschwerpunkt «Energie» deshalb die Grundlagen für eine zukunftsfähige Infrastruktur zur umfassenden und transdisziplinären Betrachtung von Erzeugung, Speicherung, Umwandlung und Bereitstellung von Energie. Im vergangenen Jahr lag der Fokus auf dem Aufbau und der Inbetriebnahme verschiedener Demonstrations- und Forschungsplattformen, dem Aufbau einer neuen Forschungsgruppe «Energy System Impact Analysis» – kurz «esy» – sowie der Etablierung neuer Partnerschaften mit Akteuren der Energieindustrie.

Forschungs- und Demonstrationsplattformen

Unser Energiesystem verändert sich immer dynamischer. So bieten etwa neue Marktakteure Lösungen für den Eigenverbrauch zum Beispiel von Solarenergie, die Kosten für Batteriespeicher sinken massiv, es gibt neue Konzepte für saisonale Wärmespeicher. Digitalisierung, Internet of Things, Elektromobilität und deren intelligente Verknüpfung mit Gebäuden führen dazu, dass Veränderungen in den verschiedenen Netzen immer weniger von den Netzbetreibern direkt kontrolliert werden können. Diese «Bottom-up»-Entwicklungen haben einen direkten Einfluss auf die Energieversorgung. Um zu untersuchen, wie sich diese Veränderungen auswirken, ist die Forschungsplattform «ehub» (kurz für «Energy Hub») geschaffen worden (siehe Seite 51). 2016 wurden zahlreiche Energietechnologien integriert, vom Ernten über Umwandlung und Speicherung bis hin zum Transport. Die Mobilitätsplattform move (siehe Seite 45) ist mit der Gebäudeforschung in «NEST» (siehe Seite 42) über die Energiedrehscheibe ehub verbunden. Die erste 700-bar-Wasserstoff-Tankstelle der Schweiz ermöglicht in «move» seit Oktober 2016 die Betankung von wasserstoffbetriebenen Personenfahrzeugen. Die Anlage dient dazu, reale Energie- und Verbrauchswerte zu analysieren, die dann in Gesamtmodelle einfließen können. Zusammen mit der Empa erarbeitet das Eidgenössische Institut für Metrologie (Metas) Eichungsver-

1

Teilansicht der zahlreichen technischen Installationen im Keller der Forschungsplattform NEST. Bild: Roman Keller



1

fahren für Wasserstofftankstellen; die Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (Suva) und die entsprechenden Ämter erstellen einen Leitfaden für die Zulassung von Wasserstofftankstellen. In dieser einmaligen Konstellation können nun das Zusammenspiel verschiedener Speichertechnologien, zukünftige Formen der Mobilität und das Quartier von morgen, wie es in NEST mit seinen unabhängigen Units modellhaft implementiert ist, real erforscht werden. Die Empa hat mit ihren Demonstrations- und Forschungsplattformen und deren Verknüpfung optimale Voraussetzungen geschaffen, um ganzheitliche und systemübergreifende Betrachtungen anzustellen. So trägt ihre Energieforschung dazu bei, neue Technologien sinnvoll ins Gesamtsystem zu integrieren. Damit unterstützt die Empa ihre Partner aus Industrie, Gesellschaft und Wissenschaft mit neuen Erkenntnissen.

Im Rahmen des Kompetenzzentrums Energie und Mobilität des ETH-Bereichs (CEM) und des Energieförderprogramms (SCCER) «Future Energy Efficient Buildings & Districts» wurden Modelle und Konzepte für dezentrale erneuerbare Energiesysteme entwickelt und bereits in «echten» Arealen und Quartieren umgesetzt. Um Wärme saisonal – also über längere Zeiträume – speichern zu können, wurde der Wärme- und Massentauscher für die Wasserdampfabsorption in Natronlauge weiterentwickelt. Diese Arbeiten werden im SCCER «Heat and Energy Storage» fortgeführt. Selbstlernende, ohne zentrale Steuerung auskommende Energiedistributionstechnologien werden in ehub integriert. Ausserdem werden die Auswirkungen lokaler Energieproduktion und die Veränderung der lokalen Energienachfrage durch neue Gebäude- und Mobilitätstechnologien erforscht.



1



Kontakt

Dr. Peter Richner
peter.richner@empa.ch

Urs Elber
urs.elber@empa.ch

Materialforschung im Dienste der Energie

Neue Technologien und die Verbesserung bestehender Technologien sind wesentliche Voraussetzungen, um neue Energiestrategien umzusetzen. Im Forschungsschwerpunkt «Energie» wird darum beispielsweise intensiv an hocheffizienten, flexiblen Dünnschicht-Solarzellen gearbeitet, vor allem an alternativen Materialien und Prozessen für Tandem-Solarzellen. Für innovative Batterien werden neue Materialsynthesen und Beschichtungsprozesse erforscht. Um unser Energiesystem nachhaltiger zu machen, müssen Hochtemperaturkomponenten in Kraftwerken, Energieübertragungssystemen und Verbrennungsmotoren zuverlässiger und dauerhafter werden. Dies wird an der Empa mit Hilfe von thermomechanischen Experimenten und der Mikrostrukturanalyse von Materialien sowie mit Computermodellen erforscht. Ein Beispiel ist die Forschung an Hochspannungskabeln. Dabei werden Faktoren wie Alterungs- und Temperaturverhalten, die für das Durchhängen verantwortliche Ausdehnung sowie das Kriechen des Materials im Detail untersucht und praktikable Messmethoden evaluiert. Dadurch lassen sich die Leitungskapazitäten erhöhen, und der Unterhalt wird deutlich effizienter. //

1

Anlage zum Testen von Kabeln für Hochspannungsfreileitungen. Dabei werden das Alterungs- und Temperaturverhalten sowie das Kriechverhalten des Materials im Detail untersucht und praktikable Messmethoden evaluiert.

Werkstoffforschung für die «Life Sciences»

Innovative, nachhaltige Technologien und Produkte für die Textil-, Biotech- und Medizintechnikbranche an der Schnittstelle von Werkstoffforschung und Lebenswissenschaften zu entwickeln – das ist das Ziel des Forschungsschwerpunkts «Gesundheit und Leistungsfähigkeit». Hier wird interdisziplinäres Know-how in den Bereichen Textilien, Materialwissenschaften, Biologie und Nanotechnologie miteinander verknüpft. Die Empa konzentriert sich dabei auf Materialien für medizinische Anwendungen im und am menschlichen Körper und erforscht neue Materialien und Systeme, die die Menschen in ihrem täglichen Leben schützen und unterstützen.

Innovative Systeme zur Medikamentenverabreichung und zur Gesundheitsüberwachung

Empa-Forschende entwickeln unter anderem neue Enkapsulierungssysteme, um therapeutische Substanzen am richtigen Ort im menschlichen Körper abgeben zu können oder um sensible Moleküle wie Proteine und Peptide zu schützen. So ist es ihnen etwa gelungen, antibakterielle Peptide in neuartige Nanocarrier aus Lipiden zu «verpacken», sodass diese im Körper länger gegen Bakterien wirksam sind. Neben klassischen Methoden aus der Kolloidchemie verwenden die Forscher vermehrt Ansätze aus der Mikrofluidik für die Verpackung aktiver Moleküle. Für die Entstehung dieser Nanohybridssysteme ist es notwendig, die chemischen und physikalischen Interaktionen zwischen den

Molekülen zu verstehen. Dafür baut die Empa ihre Analytik- und Modellierungsmöglichkeiten weiter aus.

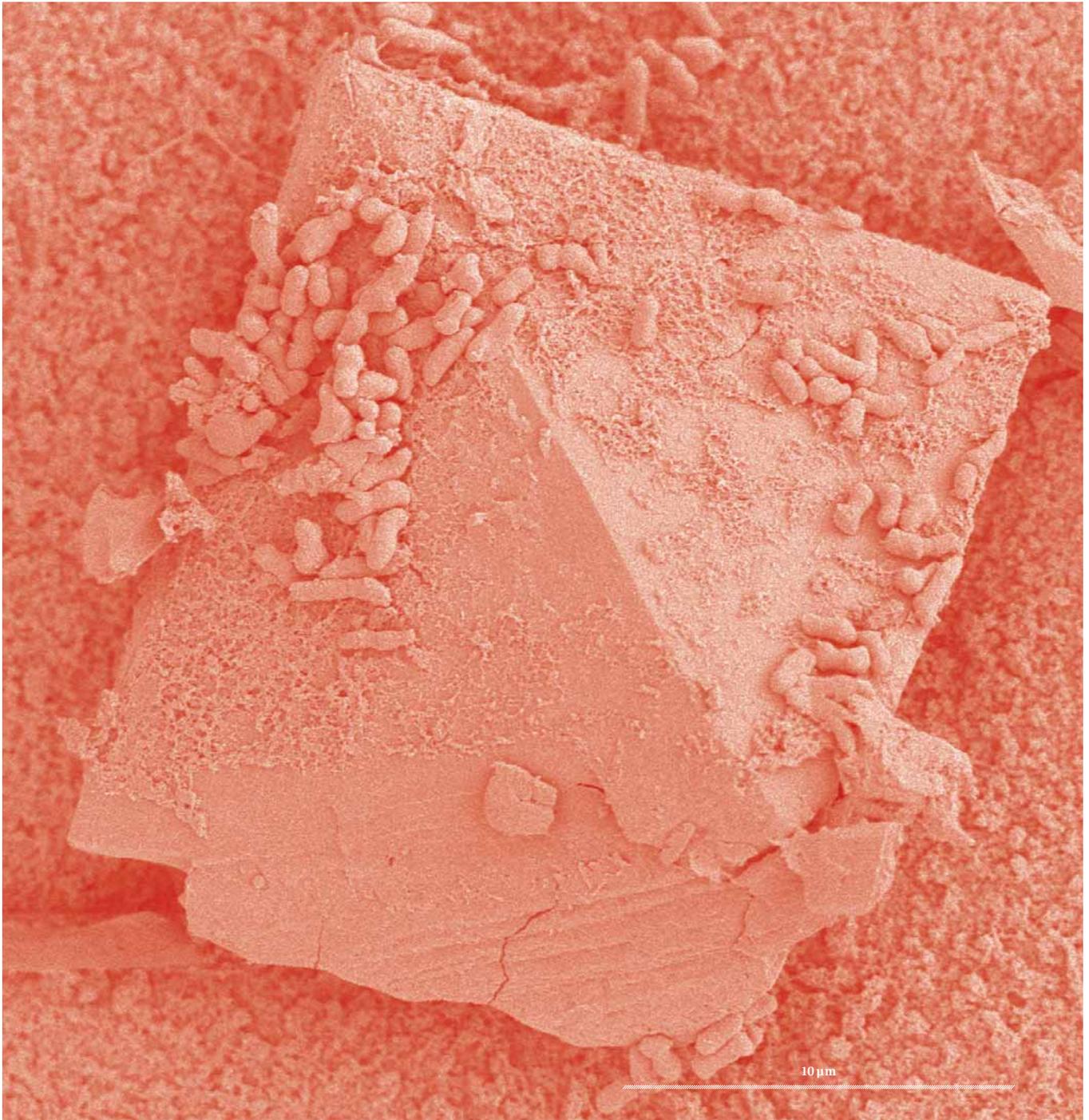
Um neuartige Sensorsysteme für das Gesundheitsmonitoring zu entwickeln, ist Expertise aus verschiedenen Fachgebieten notwendig. Hierzu gehören funktionale Oberflächen, aber auch neue Materialien, die ihre zum Beispiel optischen oder elektrischen Eigenschaften aufgrund ihrer Struktur oder Chemie verändern können. Vor Kurzem haben Forschende an der Empa beispielsweise ein spezielles Hydrogel entwickelt, das in der Lage ist, zwei verschiedene Indikatoren der frühen Wundheilungsphase gleichzeitig anzuzeigen: den pH-Wert und Glukosestoffwechselprodukte. Mit Hilfe eines optischen Biosensors konnte gezeigt werden, dass eine Gradientenstrukturierung unterhalb der Oberfläche die Anlagerung von Proteinen signifikant beeinflussen kann.

«Smarte» Implantate und Modelle für den menschlichen Körper

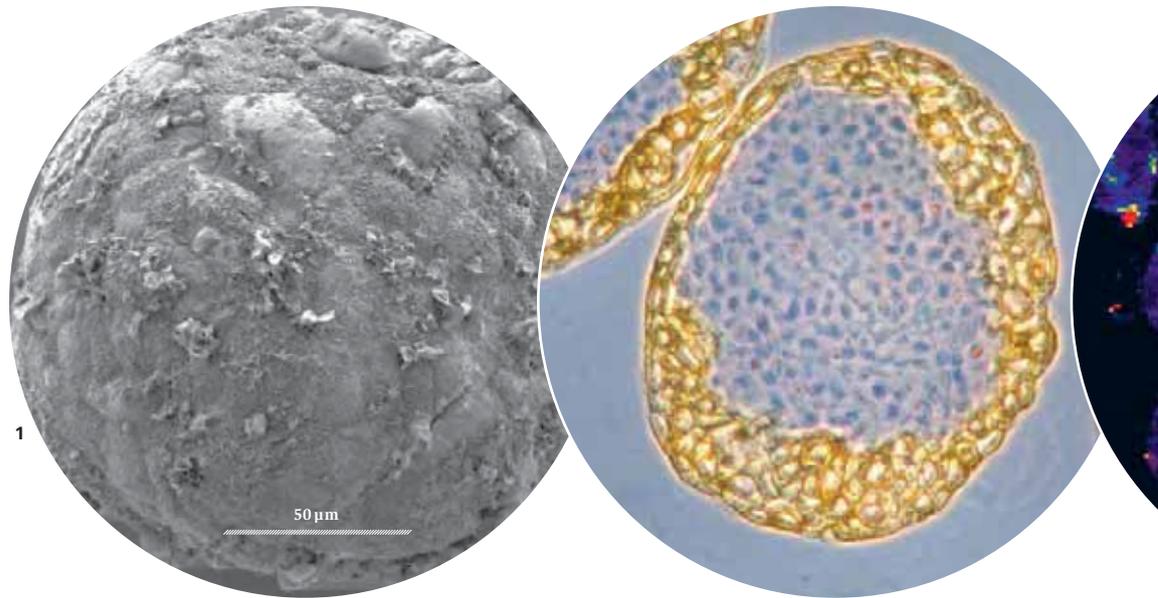
Um die immer ausgefeilteren Materialienkonzepte im Medtech-Bereich wie adaptive Freisetzungssysteme oder smarte Oberflächen besser kontrollieren und deren Wirkungsweise im Körper voraussagen zu können, müssen physiologische Modellsysteme laufend verbessert werden. So haben Empa-Forschende etwa menschliche Mikrogewebe oder Organoide entwickelt, dreidimensionale Zellkultursysteme aus verschiedenen Zelltypen,

1

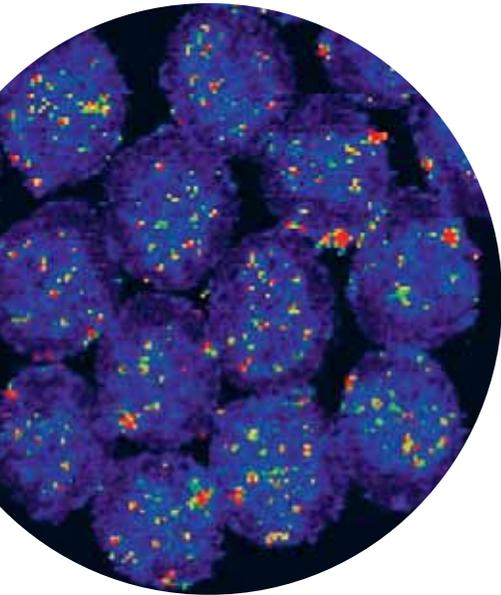
Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme von Bakterien auf einem Ureteral-Stent.



1



1 Empa-Forschende haben Mikrogewebe (links, Rasterelektronenbild) entwickelt, deren Kern aus Plazenta-Fibroblastenzellen (blau, Mitte) und deren Schale aus Trophoblastenzellen (gelb, Mitte) bestehen. Diese ermöglichen mechanistische Untersuchungen zur Aufnahme und Penetration verschiedener Nanopartikel an der Plazentabarriere (rechts: Laser-Ablation-ICP-MS-Analyse von Mikrogeweben, die Gold-Nanopartikeln ausgesetzt sind).



die bestimmten Gewebetypen nachempfunden sind. Damit erforschen sie unter anderem Transportprozesse von Nanomaterialien durch die menschliche Plazenta, indem sie die Reaktion der verschiedenen Zellen auf Nanomaterialien sowie die dadurch ausgelösten Wechselwirkungen zwischen den Zelltypen detailliert untersuchen. Ein besseres Verständnis dieser Transportprozesse bildet die Grundlage für die Entwicklung sicherer Nanomaterialien, aber auch neuer (personalisierter) Medikamentenabgabesysteme für die Nanomedizin.

Um das Infektionsrisiko bei chirurgischen Eingriffen zu senken, besteht ein dringender Bedarf an antimikrobiellen Materialien für Implantate und medizinische Instrumente wie zum Beispiel Harnwegskatheter, die in Spitälern häufig zum Einsatz kommen.

Auf der Oberfläche der Katheter können sich sogenannte mikrobielle Biofilme bilden, die sich bislang nur schwer bekämpfen lassen. Eine Herausforderung in der Entwicklung von neuen antimikrobiellen Materialien liegt unter anderem darin, dass keine aussagekräftigen Biofilmmodelle zur Verfügung stehen, die die Situation im Körper des Patienten simulieren und so eine Vorhersage der antimikrobiellen Besiedelung von Oberflächen ermöglichen. Ein Team der Empa und des Kantonsspitals St. Gallen untersucht derzeit den Zusammenhang zwischen dem Auftreten eines Biofilms auf Harnleiterstents und Symptomen bei betroffenen Patienten. //

ACHTUNG

X-Ray
Strahlung





Von der Forschung zur Innovation

Erstklassige Forschung und Industrienähe – das sind die zwei Pole, zwischen denen sich die Empa bewegt. Durch effiziente und individuelle Formen der Zusammenarbeit sowie ein breites Spektrum an Dienstleistungen ist die Empa in der Lage, ihren Partnern massgeschneiderte Lösungen anzubieten. Sei es, um neue Produkte und Anwendungen zu entwickeln, Technologien zu optimieren, konkrete Probleme zu lösen oder technisches Fachpersonal auf den neuesten Stand des Wissens zu bringen: Die Empa ist mit ihren über 500 hochqualifizierten Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen sowie erstklassiger technischer Infrastruktur die richtige Adresse.

Durch Kooperationen den Innovationsprozess beschleunigen

Mit zunehmendem Kostendruck durch die Globalisierung und dem starken Franken wird Innovation zu einem zentralen Wettbewerbsfaktor für Schweizer Unternehmen. Ein Grund mehr, die Zusammenarbeit zwischen der Industrie und den Forschungsinstitutionen zu verstärken, um innovative Ideen schneller in den Markt zu bringen.

2016 ist die Zahl der neuen Forschungsvereinbarungen gegenüber dem Vorjahr nochmals um 13 Prozent auf 177 angestiegen. Die Mehrheit davon wurde mit Partnern aus der Industrie abgeschlossen. Zudem meldeten die Abteilungen der Technologietransferstelle 28 Erfindungen, die schliesslich zu 14 neuen Patentanmeldungen geführt haben. Ausserdem wurden 13 neue Lizenz- und Technologietransferverträge mit Wirtschaftspartnern abgeschlossen.

Rote Keramik für die Uhrenindustrie

Der Empa gelang beispielsweise ein Meisterstück der Keramikforschung: Eine leuchtend rote Keramiklunette ziert eine Schweizer Luxusuhr. Ein schönes Beispiel für Materialforschung auf höchstem Niveau. Im Rahmen eines KTI-Projekts hatte sich die Empa zum Ziel gesetzt, eine rote Keramik zu entwickeln, die den hohen Ansprüchen der Uhrenindustrie genügt. Das

1
Bei der Omega Speedmaster «Moonwatch» aus Platin sind nicht nur die Lunette, sondern auch die Mondphasenanzeige und die Lupenfassung des Datumzeigers aus roter Empa-Keramik gefertigt.
Bild: Omega



1



neue Material durfte nicht giftig sein, womit Zusammensetzungen zur Farbgebung, die Blei oder Cadmium enthalten, wegfielen. Auch eine Oberflächenglasur auf der Keramik taugte nicht, da sie bei hoher Beanspruchung absplittern könnte.

Die Uhrenlunette musste also aus farbiger Vollkeramik hergestellt werden, die auch die späteren Arbeitsschritte bei der Eingravierung der Zahlen und Buchstaben unbeschädigt übersteht. So kam das Empa-Team auf Aluminiumoxid als Material der Wahl, ein gängiges, weisses Keramikmaterial, das etwa in künstlichen Hüftgelenken oder als Dichtung in Sanitärarmaturen Verwendung findet. Eine monatelange Reihe von Versuchen folgte, in denen die Forschenden neben Chrom der Keramik gezielt noch winzige Mengen weiterer anorganischer Zusatzstoffe beimischten. Das mehrstufige Verfahren zur Herstellung roter Keramik wurde in einem KTI-Projekt von der Swatch Group und der Empa gemeinsam entwickelt. Der äusserst komplexe Produktionspfad ist seit März 2016 durch eine Patentanmeldung geschützt. Das Topmodell der Kollektion, Omega Speedmaster «Moonphase», mit der roten Empa-Lunette ist die weltweit auf 57 Stück limitierte Platinversion der Uhr.

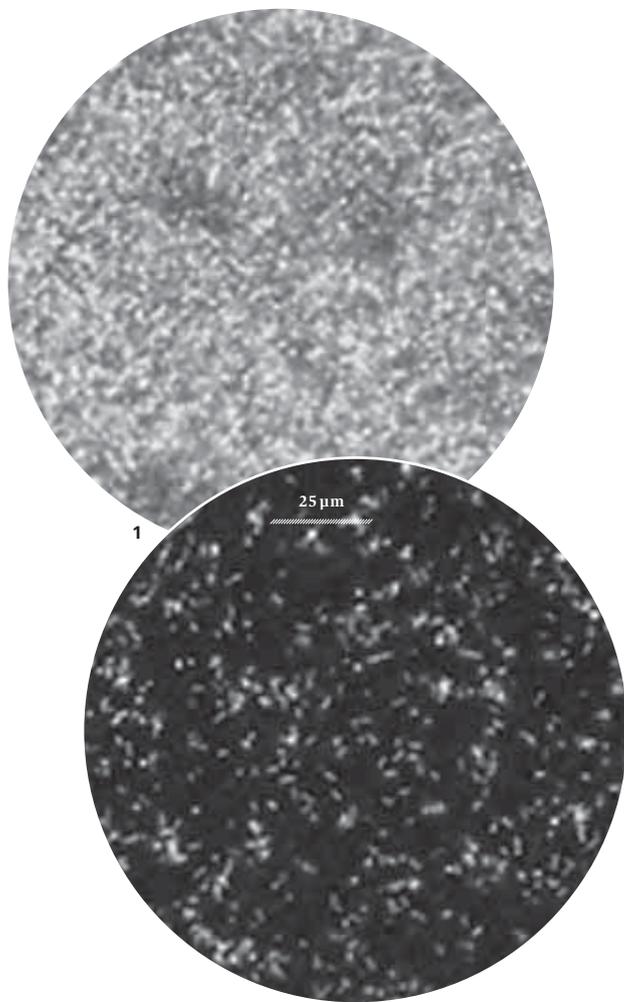
Entfernung des Biofilms von medizinischen Instrumenten und Endoskopen

Medizinische Instrumente mit engem Innendurchmesser und Endoskope sind anfällig für die Bildung von Biofilmen – und daher ein Infektionsrisiko für Patienten. Da bei der Reinigung keine aggressiven Chemikalien eingesetzt werden dürfen, sind schonende Verfahren nötig. In einem KTI-Projekt entwickelten die Empa und die Borer Chemie AG daher einen enzymatischen Reiniger, der medizinische Instrumente effektiv säubert und Biofilme entfernt.

Ein Biofilm besteht aus extrazellulären polymeren Substanzen (EPS), die unter anderem Polysaccharide, Proteine und Nukleinsäure enthalten. Das Empa-Team setzt Enzyme ein, die vor allem gegen EPS in einem Biofilm wirksam sind. Das Spezialwissen des Industriepartners über die Zusammensetzung von Reinigungsmitteln wurde für eine neue Formulierung genutzt, die eine erstklassige Reinigung und effektive Entfernung von Biofilmen von Operationsbesteck und Endoskopiematerialien ermöglicht. Durch einen Desinfektionsschritt werden überdies Bakterien abgetötet und eine optimale Oberflächenhygiene erreicht.

Galvanoformung von komplexen metallischen Legierungen

Das sogenannte LiGa-Verfahren, ein additives Herstellungsverfahren, kombiniert Lithographie, Galvanik und Abformung miteinander. Es dient zur äusserst präzisen Fertigung von metallischen Mikrobauanteilen. In vielen Industriezweigen besteht ein dringender Bedarf an Metallen mit guten mechanischen Eigen-



schaften, die zugleich unmagnetisch oder korrosionsfrei sind. Ein Empa-Team entwickelte seit 2006 mehrere Legierungen, die sich für die Galvanoformung eignen, darunter Edelstahl.

In der Vergangenheit war das Galvanoformen von Edelstahl und komplexen Nickellegierungen nicht möglich. Dann jedoch formulierten Empa-Forschende im Rahmen einer KTI-Machbarkeitsstudie eine einzigartige Rezeptur für das Bad, um auch Legierungen wie Edelstahl zu galvanisieren. Das Upscaling vom Labormassstab gelang durch numerische Simulationen der lokalen Stromdichte und passgenaue organische Additive. Mit Hilfe grundlegender Erkenntnisse über das Galvanisieren, die Mikrostruktur und die mechanischen Eigenschaften konnten schliesslich Legierungen hergestellt werden, deren Qualität den Anforderungen der Uhrenindustrie entspricht. Für all diese neuen Materialentwicklungen für das LiGa-Verfahren werden zurzeit Patentanmeldungen vorbereitet. //

1
Bakterien, die nach der Reinigung im Endoskopieschlauch verbleiben: nach Behandlung mit Wasser (oben) beziehungsweise mit einer neuen Formulierung (unten), die an der Empa entwickelt wurde (deconex® PROZYME ACTIVE). Die Bakterienzellen sind als weisse Flecken erkennbar.

Gefordert und gefördert – von der Idee bis zum Markteintritt

1
CoWorkingSpace im neuen
Startfeld-Innovationszentrum.

In den Business-Inkubatoren der Empa wurden im vergangenen Jahr 47 Start-ups mit insgesamt 290 Mitarbeitenden von der ersten Geschäftsidee bis hin zum Markteintritt begleitet. Nachfolgend zwei Beispiele.

Mit Pilzen gegen Pilze

MycoSolutions ist ein Spin-off aus der Empa-Abteilung «Applied Wood Materials» und europaweit Technologieführer in der effizienten Anwendung von Pilzen. Pilze zählen heute zu einer der wichtigsten Organismengruppen in der modernen Biotechnologie. Dabei werden Pilze in industriellem Massstab für die Erzeugung von Nahrungs- und Futtermitteln sowie von verschiedensten Stoffwechselfprodukten wie Antibiotika, Enzymen und Steroiden eingesetzt. Eine zunehmende Bedeutung spielen Pilze in der «grünen» Biotechnologie, wo mit bisher nicht verwendeten Pilzarten neue Methoden und neue Einsatzgebiete erschlossen werden, etwa im Umweltschutz und bei der biologischen Schädlingsbekämpfung. MycoSolutions nutzt verschiedene Pilzstrukturen wie Myzel und Sporen sowie Enzyme

und Polymere für die Entwicklung massgeschneiderter Lösungen und Produkte für die Holz- und Bodenbehandlung. Der Ursprung der Innovation entstand im Rahmen eines KTI-Projekts. 2016 wurde MycoSolutions zur Aktiengesellschaft und konnte Investoren gewinnen. Neben einem Privatinvestor hat sich auch Swisscom Ventures beteiligt. Die Jungfirma ist im neuen Startfeld-Innovationszentrum direkt neben der Empa in St. Gallen beheimatet.



1





1
Empa-Pilzforscher
Francis Schwarze mit
Granulat, das zur
biologischen Schädlingsbekämpfung
rund um Bäume ge-
streut werden kann.

Kontakt

Mario Jenni
mario.jenni@empa.ch

Peter Frischknecht
peter.frischknecht@empa.ch

Ein «Magic Tent» für den Outdoormarkt

Seit Dezember 2016 ist das vom Start-up Polarmond entwickelte «All-in-One»-Schlafsystem im Handel erhältlich. Die ursprüngliche Vision der Firmengründer, Flüchtlinge und Obdachlose vor Unterkühlung oder gar dem Kältetod zu schützen, führte zur Entwicklung dieses weltweit ersten selbst aufwärmenden und temperaturregulierbaren Schlafsystems mit integriertem Entfeuchtungsmanagement, mit dem nun in einem ersten Schritt der Outdoormarkt bedient wird. Dank der Zusammenarbeit mit der Empa, der Hochschule für Technik Rapperswil und der Schweizerischen Textilfachschule sind die ersten Produkte nun marktreif. Beim Unternehmensaufbau wurde Polarmond gemeinsam durch die beiden Business-Inkubatoren der Empa, glatec und Startfeld, begleitet und unterstützt. In Zukunft sollen ähnliche Schlafsysteme dann aber auch den Bedürftigen zur Verfügung stehen.

Das patentierte Schlafsystem vereint die herkömmlichen Funktionen von Schlafsack, «Vapor Barrier Liner» (Dampfsperre), Isomatte und Zelt in einem einzigen Produkt. Der geräumige Schlafräum lässt sich nur mit der eigenen Körperwärme aufheizen. Das gelingt mit einer von der Empa und Polarmond gemeinsam entwickelten Hightech-Isolationsschicht, die aus einer bauschfähigen Synthetikfüllung mit reflektierenden Schichten besteht. Ein weiteres Problem war, den Feuchtigkeitstransport nach aussen sicherzustellen und die Isolationsschicht gleichzeitig trocken zu halten. Dies gelingt dank eines neuartigen Schlafräumkonzepts, das vollumfänglich mit einer Dampfsperre ausgelegt ist. Abenteuerer und Naturbegeisterte bekommen darin Schlafkomfort wie zuhause – bei bis zu -30°C Aussen-temperatur. //

Die Brücke von der Forschung zur Anwendung

Die Brücke «from science to business» zu schlagen, hat sich die Empa auf ihre Fahnen geschrieben. Durch individuelle Zusammenarbeit und ein breites Spektrum an Dienstleistungen ist sie in der Lage, ihren Partnern massgeschneiderte Lösungen anzubieten. Sei es, um neue Produkte zu entwickeln und bestehende Technologien zu optimieren oder um konkrete Probleme zu lösen. Demonstratoren wie NEST, move und ehub sowie Netzwerke wie die Forschungsinitiative «Subitex» leisten einen wichtigen Beitrag zu dieser Vernetzung und haben 2016 zu einem markanten Anstieg der Zusammenarbeiten der Empa mit der Industrie geführt.

Beschleunigtes «Time-to-Market» von nachhaltigen Medizintextilien

Um das Potenzial von Textilien im und am menschlichen Körper noch besser zu nutzen – und daraus innovative Anwendungen zu entwickeln –, hatte die Empa 2014 zusammen mit Partnern aus der Textilindustrie und anderen Branchen die Forschungsinitiative «Subitex» (sustainable biotechnological textiles) lanciert. Die Entwicklung und Nutzung neuartiger Materialien, Fasern, Gewebe und Verfahren soll den Schweizer Textilfirmen einen langfristigen Wettbewerbsvorteil auf dem globalen Markt sichern. Besonders interessant sind Applikationen im Bereich der optischen Sensorik, beispielsweise op-

1
Der «Empa Innovation Award» wurde 2016 bereits zum achten Mal verliehen.

2
Prototyp eines volltextilen Drucksensors auf der Basis von lichtleitenden Polymerfasern: Entwickelt wurde der Sensor für einen Dekubitus-Bettbezug zusammen mit der Firma Schoeller Medical AG, einem der Subitex-Partner.



1

2

tisch leitende Fasern, oder neuartige Biosensoren, aber auch polymere Mehrkomponentenfasern wie Flüssigkernfasern und Nanofasern mit antioxidativen Eigenschaften oder Membranen für die gesteuerte Abgabe von Medikamenten durch die Haut. Mittlerweile konnten 15 Partnerfirmen gewonnen werden. Insgesamt laufen bereits acht von der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) geförderte Forschungsprojekte sowie ein Projekt innerhalb des «Competence Centre for Materials Science and Technology» (CCMX) des ETH-Bereichs.

Eine zehnjährige Erfolgsgeschichte

Bereits zum achten Mal wurde 2016 der «Empa Innovation Award» verliehen, der Forschende honoriert, die mit ihrer angewandten und marktorientierten Forschung erfolgreich die Brücke zwischen Wissenschaft und Wirtschaft schlagen. 2016 ging der Preis an den Chemiker Sabyasachi Gaan und dessen Team. Prämiert wurden die Forscherinnen und Forscher für die Entwicklung eines neuen, ungiftigen und umweltfreundlichen Flammenschutzmittels, das für die Produktion flammfester Polyurethanschäume eingesetzt werden kann. Diese stecken etwa in Matratzen, Sitzpolstern und Isolationsmodulen für Hausfasaden. Der Preis wurde am 8. November im Rahmen des «Empa Technology and Innovation Forum» verliehen.

Als die Empa 2006 den ersten «Innovation Award» verlieh, war noch nicht zu erahnen, was alles folgen würde. Heute gilt der Preis als Ritterschlag auf dem Weg zum wirtschaftlichen Erfolg. Alle bisher prämierten Projekte waren zum Zeitpunkt ihrer Prämierung zwar technisch ausgereift, hatten aber ihr volles wirtschaftliches Potenzial noch nicht entfaltet. Eines hatten indes alle Preisträger gemein: Jeder von ihnen legte den Grundstein für eine wirtschaftlich relevante Innovation, auf der sich geschäftlicher Erfolg aufbauen lässt. So gewannen beispielsweise 2010 Michael Sauter und Gion Barandun, die Gründer des Empa-Spin-offs «Compliant Concept», den Innovation Award für ihr intelligentes Pflegebett. Als eines der ersten Zentren weltweit ist heute die neue Demenzstation «Sunnegarte» des Alterszentrums Sunnewies im thurgauischen Tobel komplett mit Mobility-Monitor-Betten ausgestattet. Die umfassende Schlafüberwachung soll die Schlafqualität und die Schmerzüberwachung der Patienten verbessern. 2012 erhielten Thomas Stahl, Samuel Brunner, Mark Zimmermann und Matthias Koebel den Preis für ihren hochisolierenden Aerogel-Spezialputz, den sie zusammen mit der Firma Fixit entwickelt hatten. Das Produkt kam 2013 auf den Markt und wird inzwischen von Fixit zusammen mit den Schwesterfirmen Röfix (Österreich) und Hasit (Deutschland) in weiten Teilen Europas vertrieben. //

International vernetzt

Die Nanosicherheitsforschung ist ein internationales Anliegen, das die Empa mit verschiedenen international renommierten Instituten verbindet. Nachdem die Empa 2015 den Aufbau des neuen Koreanischen Zentrums für Nanosicherheit und Messtechnik unterstützen konnte, wurde 2016 mit dem neuen Zentrum, das am Korea Research Institute of Standards and Science (KRISS) in Daejeon angesiedelt ist, ein Kooperationsvertrag geschlossen, der unter anderem ein KRISS-Büro an der Empa in St. Gallen sowie eine enge wissenschaftliche Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Forschungsabteilungen beider Institute vorsieht.

Technologien wie die Nanotechnologie gelten als Schlüsseltechnologien, nicht nur in westlichen Ländern. So beteiligt sich etwa auch Thailand kontinuierlich an internationalen Foren, wie sie unter anderem von der OECD-Arbeitsgruppe für verarbeitete Nanomaterialien organisiert werden. Wie hoch Thailand etwa die Bedeutung der Nanosicherheit einschätzt, zeigte die internationale Nanotechnologie-Konferenz «NanoThailand», die 2016 bereits zum fünften Mal stattfand. Empa-Forscher Harald Krug, der Mitglied des Advisory Board der Veranstaltung war, hielt einen Plenarvortrag und moderierte Veranstaltungen zum Thema NanoSafety.

Zusammenarbeit mit dem japanischen AIST initiiert

Während eines Aufenthalts in Japan besuchte Empa-Direktor Gian-Luca Bona unter anderem das National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) und präsentierte vor Ort neuste Ergebnisse diverser Forschungsaktivitäten an der Empa. Anschliessend unterzeichnete er mit Norimitsu Murayama, Generaldirektor des Departements für Materialien und Chemie am AIST, ein «Memorandum of Understanding» (MoU). Das AIST ist wie die Empa ein öffentliches Forschungsinstitut mit einem engen Bezug zur Industrie. Es konzentriert sich ebenfalls darauf, neue Technologien umzusetzen, und versucht, Laborerkenntnisse mit der Industrie bis zu einem erfolgreichen Produkt weiterzuentwickeln.

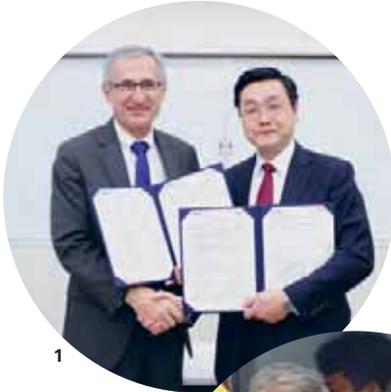
1

Die internationale Nanotechnologie-Konferenz «NanoThailand» fand 2016 bereits zum fünften Mal statt, dieses Mal mit massgeblicher Beteiligung der Empa.



1





1



2

1
Empa-Direktor Gian-Luca Bona und Norimitsu Murayama vom japanischen National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) mit dem unterzeichneten «Memorandum of Understanding», das eine vertiefte Zusammenarbeit zwischen den beiden Instituten vorsieht.

2
Das Korea Research Institute of Standards and Science (KRISS) eröffnete 2016 ein Büro an der Empa in St. Gallen, dessen Ziel es ist, eine enge wissenschaftliche Zusammenarbeit zwischen Abteilungen beider Institute zu unterstützen.

Grenzüberschreitende Innovationen für die Zukunft

Unter diesem Motto standen zwei Kongresse, einer zum Thema Elektromobilität, der zweite zum Thema Klimaschutz, die Ende September an der Empa stattfanden. Einge-laden hatte die Regierung des Kantons Zürich, die 2016 den Vorsitz der Internationalen Bodenseekonferenz innehatte. Zusammen mit der Zürcher Volkswirtschaftsdirektorin Carmen Walker Späh konnte Empa-Direktor Gian-Luca Bona mehr als 50 Vertreterinnen und Vertreter von Kommunen, Bezirken und Bundesländern aus Bayern, Baden-Württemberg, Vorarlberg, Liechtenstein und den Kantonen Schaffhausen, Thurgau, St. Gallen und den beiden Appenzell in Dübendorf zum grenzüberschrei-tenden Wissensaustausch, der Präsentation innovativer Konzepte und der Entwicklung gemeinsamer Initiativen begrüßen.

Ein neues «Open Access»-Journal für die Bauforschung

Im März 2016 lancierte RILEM, die internationale Vereinigung der Baufor-schenden und -labors, ein neues «Open Access»-Fachjournal namens «RILEM Technical Letters». Darin werden die neusten Fortschritte in der Baumaterialforschung online publiziert und sind frei verfügbar (letters.rilem.net). «RILEM Technical Letters» ist das erste in Eigenregie herausgege-bene Fachjournal für den Fachverband RILEM, der damit neue Wege im wis-senschaftlichen Publizieren beschreiten möchte, unter anderem, indem der «Peer review»-Prozess der eingereichten Arbeiten in nur wenigen Wochen über die Bühne gehen soll. An der neuen Fachpublikation haben sich zwei Empa-Forscher massgeb-lich beteiligt; Pietro Lura amtet als Deputy Editor-in-Chief, Mateusz Wyrzykowski als Managing Editor. //

Weites Forschungsspektrum dargeboten

Im Jahr 2016 drehte sich auch an der Empa-Akademie vieles um die neu eröffneten Demonstrationsplattformen NEST, move sowie um das «Coating Competence Center» und das Röntgenzentrum. Im Rahmen von zahlreichen Fach- und Spezialveranstaltungen und an vielen öffentlichen Events konnten diese besucht werden. Ausserdem gab es auch 2016 wieder einen Mix aus Konferenzen, Tagungen, Kursen und Vorträgen zu verschiedenen anderen Forschungsthemen der Empa. An den knapp 90 Veranstaltungen nahmen insgesamt rund 9000 Personen teil, 3800 davon allein am Tag der offenen Tür aus Anlass des 20-jährigen Jubiläums des Empa-Standorts im «Moos» in St. Gallen.

Brennstoffzellen in automobilen Anwendungen

Wie sicher, nachhaltig und wirtschaftlich sind Fahrzeuge, die mit Wasserstoff betrieben werden? Dieser Frage widmeten sich knapp 300 Fachleute und Interessierte an einer Tagung im Januar. Während die Sicherheit inzwischen erwiesen ist, spielt für die Nachhaltigkeit der neuen Technologie vor allem ein Faktor eine massgebliche Rolle: Woher stammt die Energie, die für die Produktion des Wasserstoffs benötigt wird? Eingeladen von der Empa, dem Paul Scherrer Institut (PSI), der ETH Zürich sowie der inspire AG, sprachen hochkarätige Referenten über die Produktion von Wasserstoff für die Mobilität, deren Logistik, die Marktchancen und die Nachhaltigkeit der Nutzung von Wasserstoff als Treibstoff.

Fachkongress «Energie + Bauen»

Im Rahmen der Energietage St. Gallen führte die Empa-Akademie im Mai den 2. Fachkongress «Energie + Bauen» durch, zusammen mit dem Kompetenzzentrum «Future Energy Efficient Buildings & Districts», dessen Vision es ist, den Endenergiebedarf des schweizerischen Gebäudebestandes in den kommenden Jahrzehnten durch effiziente, intelligente und vernetzte Gebäude um den Faktor 5 zu reduzieren. Unter dem Motto «Von der Forschung in die Praxis» zeigte der Fachkongress, wie Forschungsergebnisse anhand konkreter Beispiele zu den Themen «Energieeffiziente Gebäude» sowie «Areale und Quartiere der Zukunft» in der Praxis umgesetzt werden.

25 Jahre kohlenfaserverstärkte Kunststoffe im Bau

Der Bausektor verwendet seit 25 Jahren kohlenfaserverstärkte Kunststoffe (CFK), um Tragwerke aus Stahlbeton, wie etwa Brücken, zu stabilisieren – basierend auf einer Idee aus der Empa. CFK ist sehr viel leichter, ermüdungsfester und korrosionsresistenter als der früher dazu verwendete Stahl. Erstmals eingesetzt wurde CFK bei der Sanierung der Ibachbrücke in Luzern im Jahr 1991. Seither folgten zahlreiche erfolgreiche Projekte, und ein Ende ist nicht abzusehen. Grund genug, zu diesem Thema ein Jubiläumssymposium in der Empa-Akademie durchzuführen, zu dem sich im August 129 Teilnehmende an der Empa einfanden.



1

Der Schweizer Astrophysiker und Astronaut Claude Nicollier berichtete den Doktorandinnen und Doktoranden am PhD-Symposium von seinen Erlebnissen im Weltall.

2

Voller Saal der Empa-Akademie, hier an der Eröffnung des Coating Competence Centers (CCC).

3

Thomas Geiger (links) erläutert einem Besucher den 3-D-Biplotter.



Fasern und Membranen mit neuen Eigenschaften

Es wird erwartet, dass Submikrometer und nanoskalige Faser-membranen, die im Elektrospleinverfahren hergestellt werden, neuartige Funktionen für eine Vielzahl von Produkten und Anwendungen ermöglichen. Die Empa führte dazu in St. Gallen einen Workshop durch, der sowohl Aspekte des Elektrospleinings als auch Faser- und Membraneigenschaften für relevante Anwendungen in den Bereichen Textilien, Medizintechnik und Sensorik behandelte. Dabei konnten bereits implementierte Technologien sowie neuartige Fertigungseinrichtungen und Produkte vorgestellt und diskutiert werden.

Abenteurer im Weltall

Am 14. November fand das PhD-Symposium statt. Dieses all-jährliche Symposium bietet jungen Doktorierenden eine Bühne und die Gelegenheit, zu ihren Vorträgen und Postern Rückmel-dungen von erfahrenen Forschenden zu bekommen. So wie die Empa selbst waren auch die Präsentationen fachlich breit gefä- chert: Vorträge über Nanomaterialien waren ebenso präsent wie solche über Solarzellen und biochemische Prozesse. Ein High- light war der Plenarvortrag des Schweizer Astrophysikers und Astronauten Claude Nicollier, der von seinen Erlebnissen im Weltall berichtete. //

Besucheransturm an der Empa

Im vergangenen Jahr war einiges los an der Empa, um es mal salopp zu formulieren. Diverse Grossanlässe sorgten für einen nie da gewesenen Publikumsverkehr an den beiden Empa-Standorten in Dübendorf und St.Gallen. Und die 2016 angelaufenen Grossforschungsplattformen NEST, move, ehub und das Coating Competence Center lockten zusätzlich zahlreiche Besucher und Besucherinnen an – und erfüllten damit ihre «Leuchtturmfunktion» für die Empa.

Ein wahrer Veranstaltungsmarathon

Der Veranstaltungsreigen 2016 wurde am 7. April im Beisein von rund 130 Gästen aus Industrie, Forschung und Politik eingeläutet durch die Eröffnung des neuen Beschichtungszentrums der Empa, des Coating Competence Center (CCC), wo massgeschneiderte Oberflächentechnologien den Weg aus den Forschungslabors zur marktfähigen Industrieanwendung finden; dadurch will das CCC der Schweizer Maschinenbau-, Elektro- und Beschichtungsindustrie helfen, dank Innovationskraft am Weltmarkt bestehen zu können (siehe Seite 48). Das CCC ist dabei nur der erste Schritt; bereits arbeitet die Empa mit ihren Partnern daran, das CCC zu einem «Swiss Center for Advanced Manufacturing» mit verschiedenen Standorten in der ganzen Schweiz auszubauen.





2



1

Direktionsmitglied Alex Dommann erklärt den Besucherinnen und Besuchern am Tag der offenen Tür des Standorts St. Gallen, woran in seinem Departement «Materials Meet Life» aktuell geforscht wird.

2

Dirk Hegemann (ganz rechts) fasziniert Besucherinnen und Besucher am Tag der offenen Tür mit einem «Feuertornado». Durch Drehen des äusseren Gitters wird der Flamme Sauerstoff zugeführt und ein rotierender Sog lässt die Flamme in sich verdreht wachsen.

3

Bundespräsident Johann Schneider-Ammann und eine ganze Schar weiterer Honoratioren eröffneten am 26. Mai 2016 das innovative Gebäudelabor NEST.

Nur knapp sieben Wochen später folgte bereits der nächste Paukenschlag, die feierliche Eröffnung von NEST, dem Gebäude-labor der Zukunft, auf dem Campus in Dübendorf. Vor rund 250 Spitzenvertretern aus Wirtschaft, Forschung und öffentlicher Hand zeigte sich Bundespräsident Johann Schneider-Ammann beeindruckt von dem modularen «Innovationsbeschleuniger» für den Bausektor: «Der Schweizer Bildungs-, Forschungs- und Innovationsbereich ist stark, wenn es gelingt, alle relevanten öffentlichen und privaten Kräfte vereint auf drängende Fragestellungen zu fokussieren – mit NEST ist das vorbildlich gelungen.»

Und Ende August feierte die Empa ihr 20-jähriges Standortjubiläum im St. Galler «Moos» im Westen der Stadt. An verschiedenen Anlässen über drei Tage statteten insgesamt rund 4000 Interessierte der Forschungsinstitution einen Besuch ab und informierten sich am Tag der offenen Tür auf drei Forschungspfaden über die neusten Ergebnisse und Innovationen aus den Empa-Labors. Unter den Gästen waren unter anderem der stv. Regierungschef des Fürstentums Liechtenstein, Thomas Zwiefelhofer, die Ständeräte Karin Keller-Sutter und Andrea Caroni, der St. Galler Regierungsrat Bruno Damann sowie der St. Galler Stadtpräsident Thomas Scheitlin.

Neuer Rekord: jeden Monat im Schnitt 1000 BesucherInnen

Doch damit nicht genug: Nimmt man die rund 3500 Besucherinnen und Besucher der «normalen» Führungen durch die Empa-Labors und die rund 4500 Menschen dazu, die NEST seit dessen Eröffnung besichtigten, konnte die Empa letztes Jahr rund 12 000 Gäste an ihren Standorten in Dübendorf und St. Gallen willkommen heissen, so viele wie nie zuvor.

Darunter waren auch wieder hochrangige Delegationen aus Industrie, Wirtschaft und Politik aus dem In- und Ausland. Etwa die Vertreter der Internationalen Bodenseekonferenz, die 2016 an der Empa stattfand, die Kommission für Bildung und Forschung des Wirtschaftsdachverbands economiesuisse, das Bildungsdepartement des Kantons St. Gallen mit Regierungsrat Stefan Kölliker sowie die SVP-Fraktion des Kantons St. Gallen.

Nie zu jung fürs Labor

Eine besonders zukunftssträchtige Besuchergruppe fand sich am Sommercamp sowie am Nationalen Zukunftstag im November an der Empa ein: zusammengenommen mehr als 120 Primarschüler und -schülerinnen, die ihre ersten «Gehversuche» im Labor unternehmen durften – beispielsweise beim Basteln einer Kartoffel-Batterie oder beim Bau eines Druckluftautos. «Besser als bei Galileo» sei es gewesen, bekundete ein begeisterter Jungforscher. //

Vielfalt: Empa ist nicht gleich Empa

Im Rahmen einer Bestandsaufnahme für den neuen Aktionsplan «Chancengleichheit und Vielfalt 2017–2020» wurde der Frauenanteil unter den Mitarbeitenden, der sich im Jahr 2015 Empa-weit auf 27,5 Prozent belaufen hatte, detailliert nach Standort erhoben. Dies ergab, dass der Frauenanteil am Standort St. Gallen mit 45 Prozent deutlich höher liegt als in Dübendorf (24 Prozent) und Thun (16 Prozent). Die Ergebnisse überraschen allerdings kaum, da die Empa-Forschung in St. Gallen mit Schwerpunkten auf Fasern, Textilien und Bio(techno)logie mehr Frauen anzieht als die Standorte Dübendorf und Thun, wo eher Physik, Chemie, Materialwissenschaften und Ingenieurwesen im Zentrum stehen. Fazit der Erhebung: Empa ist nicht gleich Empa, und die Personalstruktur kann je nach fachlicher Ausrichtung höchst unterschiedlich sein. Ein Schwerpunkt des neuen Aktionsplans sieht mehr Öffentlichkeitsarbeit nach innen und nach aussen vor in der Hoffnung, den Anliegen von Chancengleichheit und Vielfalt mehr Gewicht zu geben.



Veranstaltungen für Frauen, Männer und Kinder

Das Jahr 2016 bot zahlreiche Anlässe zu den Themen Chancengleichheit und Vielfalt. Im Frühling fand beispielsweise ein Frauenlunch zum Netzwerken statt. Im Sommer lud die Empa – wie jedes Jahr – die Kinder ihrer Mitarbeitenden zum einwöchigen Sommercamp. Und im Herbst folgte die Veranstaltung Teilzeitmann, die an der Empa arbeitende Männer für das Thema Teilzeitarbeit sensibilisierte.

Anfang November stand der Nationale Zukunftstag im Zentrum. Knapp 100 Jugendliche besuchten die Empa an den drei Standorten in Dübendorf, St. Gallen und Thun und verbrachten einen Tag in einem technischen oder wissenschaftlichen Workshop. Unter den Teilnehmenden waren auch 30 Mädchen aus dem nationalen Programm «Mädchen-Technik-los». Die (fast durchwegs positiven) Reaktionen der Kinder zeigten, dass die vorgestellten Berufe auf grosses Interesse stiessen.

Für die Arbeitsgruppe Chancengleichheit des ETH-Bereichs stand 2016 das Programm «Fix the leaky pipeline» im Vordergrund. Es

dient dazu, junge Wissenschaftlerinnen bei einer Forschungskarriere zu unterstützen. Besonders erfreulich: Das Programm, das von allen Institutionen des ETH-Bereichs unterstützt wird, läuft auch in den kommenden vier Jahren weiter. Neu wird dazu ein Mentoringprogramm entwickelt und angeboten. //



1

Grosser Andrang in NEST am Nationalen Zukunftstag vom 10. November.

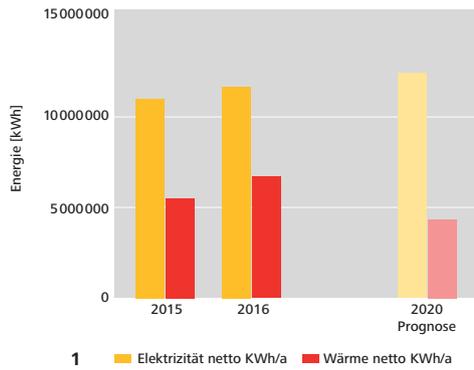
1

Sorgfältiger Umgang mit Umwelt und Energie

Die Empa betreibt nicht nur Forschung zu Umwelt- und Energiethemen, sie will auch beim eigenen Verhalten vorbildlich sein. Der Energiebedarf durch die Forschungstätigkeiten der Empa lässt sich verständlicherweise nicht beliebig reduzieren. Umso wichtiger für die Reduktion der Umweltauswirkungen ist die Substitution fossiler Energieträger durch Energie aus erneuerbaren Quellen. So stammt etwa seit 2016 der gesamte Strom, den die Empa verbraucht, aus erneuerbaren Quellen, der grösste Teil aus Wasserkraft mit Herkunftsnachweis. Und durch ein Abkommen mit Energie 360° kann die Empa seit 2016 Biogas bis zu einer Energiemenge von einer Gigawattstunde (1 Mio. kWh) von der Biogasanlage Werdhölzli in Zürich beziehen, was rund 20 Prozent des gesamten Wärmebedarfs der Empa entspricht. Detaillierte Untersuchungen haben gezeigt, dass dieses Biogas eine deutlich bessere CO₂-Bilanz aufweist als fossiles Erdgas.

Bereits vor 20 Jahren wurde beim damaligen Neubau der Empa-Gebäude in St. Gallen eine pionierhafte fassadenintegrierte Solaranlage realisiert. 2016 konnte durch einen Ausbau der Anlage der Stromertrag aus Sonnenenergie verdreifacht werden.

Neu in Betrieb genommene Ladestationen in Dübendorf und St. Gallen ermöglichen eine CO₂-arme Mobilität mit Elektrofahrzeugen und gasbetriebenen Serien- oder Forschungsautos, die in die Fahrzeugflotte der Empa integriert wurden. Der Mobilitätsdemonstrator move (siehe Seite 45) mit seiner «multivalenten» Tankstelle ist eine eigentliche Technologietransfer-Plattform, die alltagsnahe Untersuchungen möglicher zukünftiger Antriebssysteme ermöglicht.



1
Trend des Empa-Energieverbrauchs.

2
Brennstoffzellenfahrzeug bei der Betankung an der Wasserstofftankstelle von move.

3
Randlose Fotovoltaikpaneele auf dem Dach des Empa-Gebäudes in St. Gallen.



2

Im modularen Forschungs- und Innovationsgebäude NEST (siehe Seite 42) werden innovative Wohn- und Arbeitsformen der Zukunft untersucht. Die Modularität des weltweit einzigartigen Gebäudes, verbunden mit umfangreichen Analyse- und Monitoringmöglichkeiten, ermöglicht ein präziseres und schnelleres Testen von neuen Technologien, als es im Baualltag möglich wäre. Innovationen können so schneller in den Markt einfließen und positive Effekte für Umwelt und Energie im gesamten Baubereich bewirken. //



3





LED RADIATION
DO NOT STARE INTO BEAM
CLASS 1 LED PRODUCT

Zahlen und Fakten

Forscher messen gerne, unter anderem auch ihre eigene Leistung: 2016 haben Empa-Forscherinnen und -Ingenieure mehr als 580 wissenschaftliche Publikationen veröffentlicht und 14 Entwicklungen zum Patent angemeldet. Ende Jahr liefen an der Empa 100 vom Schweizer Nationalfonds (SNF) finanzierte Projekte; 85 Projekte, die von der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) unterstützt wurden, und knapp 60 EU-Projekte. Die 22 Spin-offs beschäftigten zusammen mit weiteren Start-ups in den beiden Business-Inkubatoren der Empa insgesamt 531 Mitarbeitende.

Der Zweck des Risikomanagements an der Empa besteht darin, mögliche Risiken für das Unternehmen und dessen Mitarbeitende frühzeitig zu erkennen, zu analysieren, Massnahmen zu treffen und diese auf ihren Nutzen hin zu überprüfen. Dieses gelebte System führt zu einem konstruktiven Umgang mit Risiken, einer sensibilisierten Sicherheitskultur und damit zu einer sich stetig verbessernden Sicherheitslage an der Empa.

Grundsätze im Umgang mit Risiken

Als Teil des ETH-Bereichs hat die Empa ihre Regelungen auf diesem Gebiet an den Vorgaben für das Risikomanagement im ETH-Bereich und beim Bund ausgerichtet. Ihre Sicherheits- und Risikopolitik legt den homogenen, systematischen und konsequenten Umgang mit den vielfältigen Risiken verbindlich fest. Alle Massnahmen verfolgen in erster Priorität den Schutz von Leib und Leben der Mitarbeitenden, der Gäste sowie aller Personen im Einflussbereich der Empa. Weitere Ziele sind der Schutz der Umwelt vor negativen Einwirkungen, der Schutz des erarbeiteten Know-hows und des geistigen Eigentums sowie der Schutz der Reputation der Empa. Das Hauptaugenmerk der Bemühungen liegt dabei auf der Prävention.

Die Umsetzung des Risikomanagements erfolgt nach einem standardisierten Prozess, der mit einer periodischen Bestands-

aufnahme von Risiken beginnt. Jedes Risiko wird nach möglicher Auswirkung und Wahrscheinlichkeit des Eintretens bewertet und mindestens in den Dimensionen Finanz- und Reputationsrisiko beurteilt. Schliesslich werden Massnahmen für die Eindämmung der Risiken definiert und umgesetzt. Im Risikocontrolling wird der Risikomanagementprozess regelmässig überprüft und – falls als nötig erachtet – angepasst.

Weiterentwicklung des Risk Management

Die Organisation des Risikomanagements an der Empa wurde auch im Jahr 2016 weiterentwickelt. Ziel war eine weitere Professionalisierung. Dies hat im letzten Jahr zu einem höheren Ressourceneinsatz, zu verstärkten Aktivitäten wie auch zu einer verbesserten Sensibilisierung der Mitarbeitenden geführt. Durch die periodische Neubeurteilung der Risikoeinschätzung werden die Risiken bewusster wahrgenommen und sind deshalb besser kontrollierbar.

Um dem Risiko zu begegnen, das die vielen Neueintretenden für die Arbeitssicherheit bedeuten, wurden die zentral organisierten Schulungen an allen Standorten weiter ausgebaut und ein Schulungskalender im Intranet aufgeschaltet. Die Mitarbeitenden des Nachbarinstituts Eawag können, wie gewisse Mitarbeitende aus dem Departement Chemie der ETH, ebenfalls an diesen Kursen teilnehmen.

Mit den Outdoor-Langzeitversuchen der Eawag auf dem Areal und dadurch, dass sich in NEST ständig Personen aufhalten, hat sich die Risikosituation verändert und es wurden neue Massnahmen notwendig. Um diese neuen Risiken besser in den Griff zu bekommen, wurde in einer ersten Phase eine Überwachung des Areals in der Nacht sowie an Wochenenden und Feiertagen eingerichtet. Der Auftrag wurde öffentlich ausgeschrieben. In einer zweiten Phase soll die Überwachung des unübersichtlichen Areals durch elektronische Mittel ergänzt werden.

Mit zwei Evakuationsübungen auf dem Empa/Eawag-Areal in Dübendorf und einer Übung in St. Gallen konnten das Konzept sowie die technischen Anlagen erfolgreich überprüft werden. Letztere werden noch weiter ausgebaut, die Alarmierung wird verfeinert und effizienter gemacht, um dem unübersichtlichen Empa/Eawag-Campus gerecht zu werden. Der Umzug der Sicherheitszentrale in die neuen Räumlichkeiten von NEST ging reibungslos und störungsfrei vonstatten.

Die verschärfte Maschinenbaurichtlinie erhöht die sicherheitstechnischen Anforderungen an die Dokumentation der Risikoabschätzung auch bei Eigenentwicklungen im Maschinen- und Anlagenbau im Umfeld der Forschenden. Daher wurde im Herbst 2016 ein massgeschneidertes, eigenes System in der internen Konstruktion implementiert. //

Personelle Entwicklung

(in Klammern die Vorjahreszahlen)

Ende 2016 arbeiteten inkl. der Lernenden 936 (942) Personen an der Empa. Dies entspricht, bedingt durch die vielen Teilzeitmöglichkeiten, einem Vollzeitäquivalent von 860,9 (868,7) Stellen.

Der Bestand an wissenschaftlichem Personal beträgt 507 (501) Personen. Davon sind 116 (117) Senior Scientists. Als technisch-administratives Personal waren im Berichtsjahr 387 (400) Personen tätig. Der Frauenanteil von 29 (27,5) Prozent widerspiegelt die Absolventenzahlen der Universitäten und der ETH bei den Fakultäten, die an der Empa vertreten sind.

Der Ausländeranteil liegt bei 380 (388) Personen, das sind rund 41 (41) Prozent des gesamten Personalbestands. Aus dem EU-Raum stammen 259 (265) Personen, das sind 68 (68) Prozent aller ausländischen Mitarbeitenden.

Die Empa bietet eine breite Palette von Berufslehren an und beschäftigt 42 (41) Lernende. Auch 2016 haben alle Lernenden die Abschlussprüfungen bestanden. //

PERSONALBESTAND ENDE 2016

	2015	2016
Wissenschaftliches Personal	501	507
Technisches/administratives Personal	400	387
Davon Lernende	41	42
Total	942	936

Kennzahlen

WISSENSCHAFTLICHER OUTPUT

	2015	2016
ISI-Publikationen	634	586
Konferenzbeiträge	1121	1131
Doktoratsabschlüsse	38	31
Laufende Doktorate	175	168
Lehrtätigkeit (in Stunden)	3760	3815
Preise/Auszeichnungen	35	56

MEDIENPRÄSENZ

	2015	2016
Radio & TV	73	93
Print	1000	1110
Online	2853	3030
Total	3920	4233
Sprachen	32	29

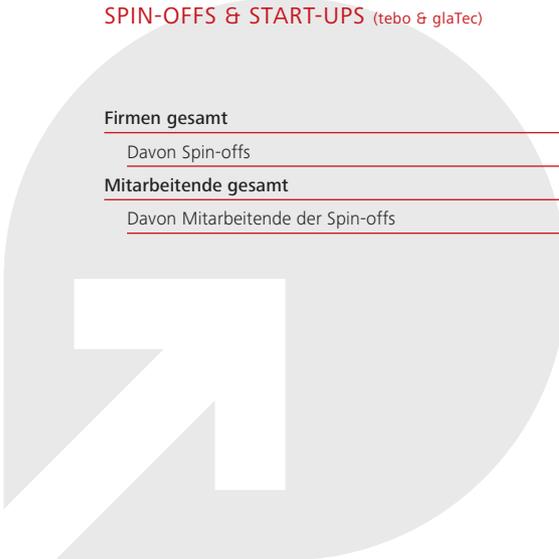
EMPA-AKADEMIE

	2015	2016
Empa-Veranstaltungen	105	86
Teilnehmende	6100	9000
Wissenschaftliche Tagungen	12	3
Fachveranstaltungen für die Wirtschaft	44	40



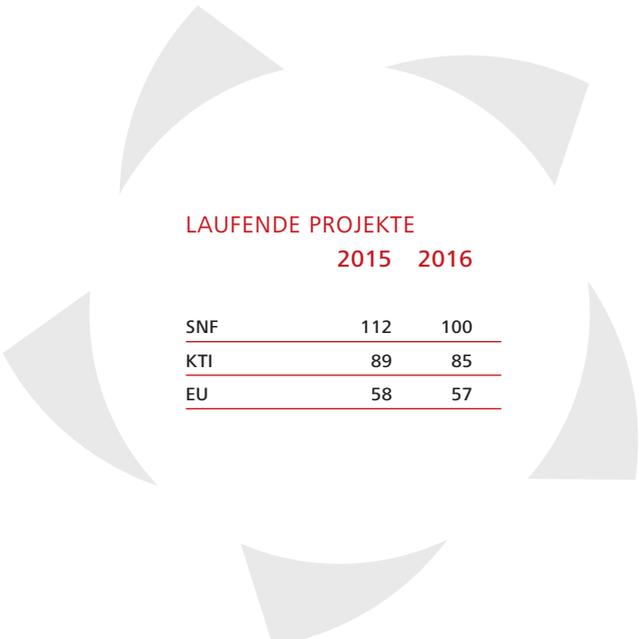
WISSENS- & TECHNOLOGIETRANSFER

	2015	2016
Neue F&E-Vereinbarungen	157	177
Aktive Verwertungsverträge (Lizenz/Option/Verkauf)	80	79
Neue Verwertungsverträge	20	13
Neue Patentanmeldungen	18	14



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

	2015	2016
Firmen gesamt	45	69
Davon Spin-offs	21	22
Mitarbeitende gesamt	359	531
Davon Mitarbeitende der Spin-offs	105	112



LAUFENDE PROJEKTE

	2015	2016
SNF	112	100
KTI	89	85
EU	58	57

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

Kristin Becker van Slooten **Dr.**, EPF Lausanne

Marc Bürki **Dipl. El.-Ing.**, Swissquote

Beatrice Fasana Arnaboldi **Dipl. Ing. Lm**, Sandro Vanini SA, Rivera

Lino Guzzella **Prof. Dr.**, ETH Zürich

Barbara Haering **Dr. Dr. h.c.**, Econcept AG, Zürich

Beth Krasna **Dipl. Ing.** ETH, unabhängige Verwaltungsrätin

Christiane Leister **Leister AG**, Kägiswil

Joël Mesot **Prof. Dr.**, PSI, Villingen

Martin Vetterli **Prof. Dr.**, EPF Lausanne

Industriebeirat

Der Industriebeirat ist ein Gremium führender Persönlichkeiten, das die Leitung der Empa bei grundlegenden Fragen berät.

PRÄSIDENT

Henning Fuhrmann **Dr.**, Siemens, Zug

MITGLIEDER

Kurt Baltensperger **Dr.**, ETH-Rat, Zürich

Robert Frigg **Prof. Dr. mult. h.c.**, 41 medical, Bettlach

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

Markus Hofer **Dr.**, Bühler, Uzwil

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

Urs Mäder **Dr.**, SATW, Zürich

Markus Oldani **GE Power**, Baden

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

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

Forschungskommission

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

MITGLIEDER

Urs Dürig **Dr.**, IBM, Rüschlikon

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

Organigramm

Stand Mai 2017

RESEARCH FOCUS AREAS (Forschungsschwerpunkte)

Nanostrukturierte Materialien

Dr. Pierangelo Gröning

Sustainable Built Environment

Dr. Peter Richner
Prof. Dr. Giovanni Terrasi

Gesundheit und Leistungsfähigkeit

Prof. Dr. Alex Dommann

Natürliche Ressourcen und Schadstoffe

Dr. Brigitte Buchmann

Energie

Dr. Peter Richner
Urs Elber

DIREKTION

Direktor

Prof. Dr. Gian-Luca Bona

Stv. Direktor

Dr. Peter Richner

Mitglieder

Dr. Brigitte Buchmann | Prof. Dr. Alex Dommann | Dr. Pierangelo Gröning | Dr. Urs Leemann

DEPARTMENTE

Moderne Materialien, Ober- und Grenzflächen

Dr. Pierangelo Gröning

Zentrum für Elektronenmikroskopie

Dr. Rolf Erni

ABTEILUNGEN

Hochleistungskeramik

Prof. Dr. Thomas Graule

Fügetechnologien und Korrosion

Dr. Lars Jeurgens

Nanoscale Materials Science

Prof. Dr. Hans Josef Hug

Advanced Materials Processing

Prof. Dr. Patrik Hoffmann

nanotech@surfaces

Prof. Dr. Roman Fasel

Werkstoff- und Nanomechanik

Dr. Johann Michler

Dünnschichten und Photovoltaik

Prof. Dr. Ayodhya N. Tiwari

Funktionspolymere

Prof. Dr. Frank Nüesch

Bau- und Maschineningenieurwesen

Dr. Peter Richner

Strassenbau / Abdichtungen

Prof. Dr. Manfred Partl

Angewandte Holzforschung

Dr. Tanja Zimmermann

Ingenieur-Strukturen

Prof. Dr. Masoud Motavalli

Mechanical Systems Engineering

Prof. Dr. Giovanni Terrasi

Multiscale Studies in Building Physics

Prof. Dr. Dominique Derome

Mechanical Integrity of Energy Systems

Prof. Dr. Edoardo Mazza

Center for Synergetic Structures

Dr. Rolf Luchsinger (PPP Empa – Festo)

Beton / Bauchemie

Prof. Dr. Pietro Lura

Building Energy Materials and Components

Dr. Matthias Koebel

Urban Energy Systems

Viktor Dorer

Materials Meet Life

Prof. Dr. Alex Dommann

Zentrum für Röntgenanalytik

Dr. Antonia Neels

Zentrum für Zuverlässigkeitstechnik

Prof. Dr. Alex Dommann

Biomimetic Membranes and Textiles

Prof. Dr. René Rossi

Advanced Fibers

Prof. Dr. Manfred Heuberger

Particles-Biology Interactions

Dr. Peter Wick

Biointerfaces

Dr. Katharina Maniura

Transport at Nanoscale Interfaces

PD Dr. Michel Calame

FORSCHUNGS-, WISSENS- UND TECHNOLOGIETRANSFER-PLATTFORMEN

NEST

Reto Largo

move

Dr. Brigitte Buchmann

ehub

Philipp Heer

Coating Competence Center

Dr. Lars Sommerhäuser

Empa-Akademie

Anja Pauling

Business Incubators glaTec

Mario Jenni

STARTFELD

Peter Frischknecht

International Research Cooperations

Prof. Dr. Gian-Luca Bona

Empa-Portal

portal@empa.ch

Tel. +41 58 765 44 44

Mobilität, Energie und Umwelt

Dr. Brigitte Buchmann

Materials for Energy Conversion

Dr. Corsin Battaglia

Advanced Analytical Technologies

Prof. Dr. Davide Bleiner

Luftfremdstoffe / Umwelttechnik

Dr. Lukas Emmenegger

Fahrzeugantriebssysteme

Christian Bach

Materials for Renewable Energy

Prof. Dr. Andreas Züttel (Antenne Sion)

Technologie und Gesellschaft

Dr. Patrick Wäger

Akustik / Lärminderung

Kurt Eggenschwiler

Support

Dr. Urs Leemann

Bibliothek (Lib4RI)

Dr. Lothar Nunnenmacher

Informatik

Stephan Koch

Konstruktion / Werkstatt

Stefan Hösli

Finanzen / Controlling / Einkauf

Heidi Leutwyler

Kommunikation

Dr. Michael Hagmann

Personal

André Schmid

Marketing, Wissens- und Technologietransfer

Gabriele Dobenecker

Immobilienmanagement

Hannes Pichler





Jahresrechnung 2016

Die Jahresrechnung der Empa wird, wie bei allen Institutionen des ETH-Bereichs, seit dem 1. Januar 2015 in Orientierung an IPSAS (International Public Sector Accounting Standards) erstellt. Ziel dieses internationalen Rechnungslegungsstandards ist es, Transparenz, Vergleichbarkeit und Qualität der finanziellen Berichterstattung gegenüber der Öffentlichkeit und den Geldgebern zu verbessern.

123

Finanzen

124

Erfolgsrechnung

126

Bilanz

128

Eigenkapitalnachweis

132

Geldflussrechnung

134

Anhang

174

Bericht der Revisionsstelle

Finanzen

Die Finanzpolitik der Empa ist auf Nachhaltigkeit ausgerichtet, und ihr primäres Ziel ist es, die Kerntätigkeiten der Empa, Forschung, forschungsorientierte Dienstleistungen sowie den Wissens- und Technologietransfer langfristig sicherzustellen. Die beiden hauptsächlichsten Finanzierungsquellen sind der Finanzierungsbeitrag des Bundes, die sog. Erstmittel, und die – in der Regel kompetitive – Einwerbung von Drittmitteln. Solche Drittmittel haben grundsätzlich zwei zentrale Eigenschaften: Erstens sind sie an bestimmte Forschungsprojekte gebunden, und zweitens sind sie in aller Regel nicht kostendeckend. Die wesentliche Konsequenz der fehlenden Vollkostendeckung durch Drittmittel ist, dass zur Finanzierung derartiger Forschungsprojekte Erstmittel aufgewendet werden müssen. Aufgrund des relativ konstanten Finanzierungsbeitrags (Erstmittel) des Bundes ist damit die Einwerbung von Drittmitteln limitiert. Das über die gesamte Empa betrachtete Verhältnis von Erstmitteln zu Drittmitteln sollte 60:40 nicht überschreiten; würden mehr Drittmittel eingeworben werden (und dadurch auch mehr Erstmittel «zweckgebunden»), würde dies die Forschungsfreiheit und die damit verbundene Innovationsleistung der Empa beeinträchtigen. Der teilweise geäusserten Forderung, wonach der Drittmittelanteil weiter markant gesteigert werden sollte, steht damit die quasi natürliche Grenze der zur Verfügung stehenden Erstmittel entgegen.

Im jährlichen Planungsprozess erfolgt die Planung der Gesamtheit der Mittel bis auf Stufe Abteilung. Damit schafft die Empa Handlungsspielräume für die Führungskräfte, um die vereinbarten Ziele erfolgreich und mit hoher Eigenverantwortung im Rahmen der Budgets verfolgen zu können. Mit regelmässigen Soll-/Ist-Vergleichen erfolgt die Steuerung der gesamten finanziellen Mittel.

Die Erneuerung der für die Spitzenforschung notwendigen Infrastruktur (Immobilien und Geräte) sowie deren kostenintensiver Betrieb stellen die Empa vor grosse finanzielle Herausforderungen. Es wird in Zukunft noch stärker notwendig sein, durch Kooperationen einen optimierten und kosteneffizienten Betrieb zu ermöglichen. Insbesondere bei der Bereitstellung von modernen Chemielaborräumlichkeiten und Reinräumen besteht grosser Investitionsbedarf. Es ist geplant, am Standort Dübendorf ein neues Laborgebäude zu erstellen und so die dringend

benötigten zusätzlichen Flächen zu schaffen. Das Investitionsvolumen hierfür beläuft sich auf rund CHF 35–40 Mio., die Realisation ist für den Zeitraum 2018–20 geplant. Zur Sicherstellung der Finanzierung öffnet die Empa seit einigen Jahren Reserven aus der jährlichen Grundfinanzierung.

Mit dem internen Kontrollsystem (IKS) sorgt die Empa dafür, dass die relevanten Finanzprozesse sowie die entsprechenden Risiken der Buchführung und Rechnungslegung frühzeitig identifiziert, bewertet und mit geeigneten Schlüsselkontrollen abgedeckt werden. Das IKS umfasst diejenigen Vorgänge und Massnahmen, die eine ordnungsgemässe Buchführung und Rechnungslegung sicherstellen und entsprechend die Grundlage der finanziellen Berichterstattung darstellen. Es gewährleistet eine hohe Qualität der finanziellen Berichterstattung. Die Empa versteht das IKS als Aufgabe zur kontinuierlichen Verbesserung ihrer finanziellen Prozesse. Die Eidgenössische Finanzkontrolle prüft die Existenz und Wirksamkeit des IKS im Rahmen der ordentlichen Revision.

Erfolgsrechnung

TCHF	Anhang	2016	2015	Veränderung absolut	Veränderung %
Operatives Ergebnis					
Finanzierungsbeitrag des Bundes		107 678	96 879	10 798	11%
Beitrag an Unterbringung		15 872	16 453	-581	-4%
Trägerfinanzierung	5	123 550	113 332	10 217	9%
Schulgelder und andere Benutzungsgebühren	6	-	-	-	0%
Schweizerischer Nationalfonds (SNF)		8 624	8 389	236	3%
Kommission Technologie und Innovation (KTI)		10 158	10 822	-664	-6%
Forschung Bund (Ressortforschung)		8 578	6 509	2 069	32%
Europäische Forschungsrahmenprogramme (FRP)		6 410	6 141	268	4%
Wirtschaftsorientierte Forschung (Privatwirtschaft)		17 487	20 050	-2 563	-13%
Übrige projektorientierte Drittmittel (inkl. Kantone, Gemeinden, internationale Organisationen)		12 088	2 619	9 469	362%
Forschungsbeiträge, -aufträge und wissenschaftliche Dienstleistungen	7	63 346	54 530	8 815	16%
Schenkungen und Legate	8	18	14	4	29%
Übrige Erträge	9	6 762	7 637	-875	-11%
Operativer Ertrag		193 675	175 514	18 161	10%
Personalaufwand	10, 26	101 342	102 279	-936	-1%
Sachaufwand	11	45 055	43 108	1 947	5%
Abschreibungen	18	8 521	7 701	819	11%
Transferaufwand	12	85	-	85	0%
Operativer Aufwand		155 003	153 088	1 915	1%
Operatives Ergebnis		38 672	22 426	16 246	72%
Finanzergebnis					
Finanzertrag	13	143	254	-111	-44%
Finanzaufwand	13	246	713	-467	-65%
Finanzergebnis		-104	-458	354	-77%
Jahresergebnis		38 569	21 968	16 601	76%

Die Empa weist für das Jahr 2016 ein Jahresergebnis von 38.6 Mio. Franken aus (+16.6 Mio. im Vergleich zum Vorjahr). Im Jahresergebnis enthalten sind unter anderem die Entlastungseffekte von 25.5 Millionen Franken (VJ: 14.5 Mio.) für die Übertragung der Investitionen in die Bilanz sowie eine Entlastung der Erfolgsrechnung in der Höhe von 6.6 Mio. aus dem Linearisierungseffekt im Nettovorsorgeaufwand nach IPSAS 25.

Zweit- und Drittmittel haben keinen wesentlichen Einfluss auf das Jahresergebnis. Die Erträge werden in der Höhe der aufgelaufenen Projektkosten realisiert. Die Differenz zwischen den zugeflossenen (operativer Ertrag) und den effektiv verwendeten Mitteln (operativer Aufwand) wird über die Buchung der erfolgswirksamen Bestandsveränderung in der Höhe von +13.8 Mio. als Ertragskorrektur (VJ: -4.5 Mio.) für noch zu leistende Projektarbeiten neutralisiert. Der operative Ertrag ist mit 193.7 Mio. deutlich höher als im Vorjahr (VJ: 175.5 Mio.). Die Steigerung ist einerseits auf die um 10.2 Mio. höhere Trägerfinanzierung und andererseits auf die um insgesamt 8.8 Mio. höheren Forschungsbeiträge zurückzuführen.

In der Trägerfinanzierung sind neben dem Grundbeitrag des Bundes zweckgebundene Mittel für den Aktionsplan «Koordinierte Energieforschung Schweiz» von 3.5 Mio. (VJ: 3.4 Mio.) sowie die projektorientierten Kreditverschiebungen für die Kompetenzzentren des ETH-Bereichs enthalten. Zusätzlich sind aus der Immobilienportfoliobereinigung der Empa 3.5 Mio. mit eingeflossen.

Die Steigerung der ausgewiesenen Erträge aus Forschungsbeiträgen um 8.8 Mio. ist hauptsächlich auf die Ertragsrealisierung der erbrachten Leistungen für das Projekt NEST zurückzuführen.

Der Anteil der Trägerfinanzierung (Finanzierungsbeitrag des Bundes inkl. Beitrag an die Unterbringung) beträgt 63.8% (VJ: 64.6%) des operativen Ertrags. Der Ertrag aus Forschungsbeiträgen und -aufträgen beläuft sich auf 63.3 Mio. (VJ: 54.5 Mio.) nach Bestandsveränderung. Darin enthalten sind wissenschaftliche Dienstleistungen von rund 10.2 Mio. (VJ: 10.9 Mio.).

Auf die übrigen Erträge entfallen die restlichen 6.8 Mio. (VJ: 7.6 Mio.).

Der operative Aufwand hat um 1.9 Mio. (+1%) auf 155 Mio. leicht zugenommen. Der Hauptanteil des operativen Aufwands entfällt auf den Personalaufwand mit 101.3 Mio. (VJ: 102.3 Mio.) bzw. 65.4% des operativen Aufwands. Im Sachaufwand von 45.1 Mio. (VJ: 43.1 Mio.) ist auch der Raumaufwand für die durch die Empa genutzten Immobilien im Eigentum des Bundes (15.9 Mio.) enthalten. Das Total der Abschreibungen von 8.5 Mio. hat sich gegenüber dem Vorjahr um 0.8 Mio. erhöht.

Das Finanzergebnis ist nach wie vor aufgrund der fehlenden Verzinsung und der Wechselkurseinflüsse negativ (-0.1 Mio.).

Bilanz

TCHF	Anhang	31.12.2016	31.12.2015	Veränderung absolut	Veränderung %
Umlaufvermögen					
Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen	14	69 520	69 526	-6	0%
Kurzfristige Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen	15	33 318	27 639	5 679	21%
Kurzfristige Forderungen aus zurechenbaren Gegenleistungen	15	3 250	5 252	-2 002	-38%
Kurzfristige Finanzanlagen	19	45 279	41 339	3 940	10%
Vorräte	16	-	-	-	0%
Aktive Rechnungsabgrenzungen	17	1 872	2 402	-531	-22%
Total Umlaufvermögen		153 239	146 158	7 080	5%
Anlagevermögen					
Sachanlagen	18	58 007	48 177	9 829	20%
Immaterielle Anlagen	18	467	-	467	0%
Langfristige Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen	15	20 657	16 413	4 243	26%
Langfristige Forderungen aus zurechenbaren Gegenleistungen	15	-	-	-	0%
Beteiligungen	20	-	-	-	0%
Langfristige Finanzanlagen	19	672	512	160	31%
Kofinanzierungen	21	6 246	500	5 746	1149%
Total Anlagevermögen		86 049	65 603	20 446	31%
Total Aktiven		239 287	211 761	27 526	13%

Ab 2016 werden die Forderungen ohne zurechenbaren Gegenleistungen und die Forderungen mit zurechenbaren Gegenleistungen in der Bilanz separat ausgewiesen. Vorher wurden sie nur im Anhang separiert gezeigt. Die Werte des Vorjahres wurden für den Ausweis in der Bilanz entsprechend angepasst.

Die Bilanz vermittelt einen Überblick über die Vermögens- und Kapitalstruktur der Empa. Die Struktur der Passiven kennt als Besonderheit nebst Fremd- und Eigenkapital zusätzlich das zweckgebundene Kapital im Fremd- und Eigenkapital.

Die Leistungsverpflichtungen der Empa für Forschungsprojekte werden als zweckgebundene Drittmittel im langfristigen Fremdkapital aufgeführt. Diese Verpflichtungen haben um 4.1 Mio. abgenommen und belaufen sich auf 63.5 Mio. Die Durch-

führung der Forschungsvorhaben erfolgt üblicherweise in einem Zeitraum von 2–5 Jahren.

Die Nettovorsorgeverpflichtungen in der Höhe von Nettovorsorgeverpflichtung von 164.7 Mio. haben sich 2016 erneut wesentlich erhöht (+27 Mio.).

Die Einflüsse aus geänderten Annahmen für die Berechnung der Vorsorgeleistungen werden gemäss IPSAS 25 nicht über die Erfolgsrechnung, sondern direkt im Eigenkapital verbucht. Die Bewertungsreserven sind deshalb mit 33.4 Mio. belastet worden.

Die zweckgebundenen Reserven von 20.7 Mio. haben sich im Vergleich zum Vorjahr nur geringfügig verändert (+0.4 Mio.) und beinhalten vor allem interne Leistungsversprechen und fi-

TCHF	Anhang	31.12.2016	31.12.2015	Veränderung absolut	Veränderung %
Fremdkapital					
Laufende Verbindlichkeiten	22	6 353	6 237	115	2%
Kurzfristige Finanzverbindlichkeiten	23	–	–	–	0%
Passive Rechnungsabgrenzungen	24	7 125	7 632	–507	–7%
Kurzfristige Rückstellungen	25	5 996	6 205	–210	–3%
Kurzfristiges Fremdkapital		19 473	20 074	–601	–3%
Zweckgebundene Drittmittel	27	63 476	67 588	–4 112	–6%
Langfristige Finanzverbindlichkeiten	23	–	–	–	0%
Nettovorsorgeverpflichtungen	26	164 669	137 682	26 987	20%
Langfristige Rückstellungen	25	4 722	4 586	136	3%
Langfristiges Fremdkapital		232 867	209 856	23 011	11%
Total Fremdkapital		252 340	229 930	22 410	10%
Eigenkapital					
Bewertungsreserven		–112 271	–78 819	–33 452	42%
Zweckgebundene Reserven		20 734	20 301	433	2%
Freie Reserven		74 535	59 148	15 387	26%
Kofinanzierung von Immobilien des Bundes	21	6 246	500	5 746	1149%
Bilanzüberschuss (+)/–fehlbetrag (–)		–2 297	–19 300	17 004	–88%
Dem Eigner zurechenbares Eigenkapital		–13 053	–18 169	5 117	–28%
Minderheitsanteile		–	–	–	–
Total Eigenkapital		–13 053	–18 169	5 117	–28%
Total Passiven		239 287	211 761	27 526	13%

nanzielle Zusagen für Forschungsprojekte. Finanziert werden die internen Leistungsversprechen aus dem Bundesbeitrag.

Aus den Erstmitteln wurden bereits 11.6 Mio. den freien Reserven zugewiesen. Die Äufnung der freien Reserven erfolgt zielgerichtet zur mittelfristigen Finanzierung eines dringend benötigten neuen Laborgebäudes in Dübendorf sowie der sich für Thun abzeichnenden Finanzierung des Mieterausbaus in einem Gebäude, welches die Empa neu beziehen wird.

Eigenkapitalnachweis

TCHF	Neubewertungs- reserven für Finanzanlagen	Kumulierte versicherungs- mathematische Gewinne (+)/ Verluste (-) von leistungsorien- tierten Vorsorge- plänen	Reserven aus Absicherungs- geschäften	Bewertungs- reserven
2016				
Stand per 01.01.2016	-	-78 819	-	-78 819
Jahresergebnis	-	-	-	-
Direkt im Eigenkapital erfasste Positionen:	-	-	-	-
Neubewertung Finanzanlagen	110	-	-	110
Veränderung Personalvorsorgeverpflichtung	-	-33 562	-	-33 562
Absicherungsgeschäfte	-	-	-	-
Total direkt im Eigenkapital erfasste Positionen	110	-33 562	-	-33 452
Umbuchungen im Eigenkapital	-	-	-	-
Währungsdifferenzen im Eigenkapital	-	-	-	-
Total Veränderungen	110	-33 562	-	-33 452
Stand per 31.12.2016	110	-112 381	-	-112 271

Die zweckgebundenen Reserven beinhalten die Mittel für interne finanzielle Zusagen für die Unterstützung von Forschungsprojekten sowie die Reserve für die verzögerte Bauausführung des Projektes Energieareal. In den freien Reserven sind die Reserven aus dem Finanzierungsbeitrag von 36.9 Mio. enthalten. Diese Reserven werden geäufnet, um wichtige, geplante grössere Projekte (wie z.B. Neubau Laborgebäude, Sanierung bestehendes Laborgebäude und Erweiterung Research and Technology Transfer Platforms (RTTPs) zu finanzieren. Ebenfalls in den freien Reserven enthalten sind die Restsaldi aus abgeschlossenen Projekten, die die Abteilungsleitenden und Direktion zur Unterstützung der Lehre und Forschung und zur Abdeckung von Verlusten (z.B. kurzfristige Ertragsausfälle, Währungsverluste) verwenden können. Eine zeitlich bezogene oder zielorientierte Zweckgebundenheit besteht jedoch nicht.

Ein wesentlicher Einfluss auf das Eigenkapital hat die Zunahme der negativen Bewertungsreserve für die Personalvorsorgeverpflichtung um 33.6 Mio. (Ipsas 25). Das Eigenkapital ist deshalb trotz des Jahresergebnisses von +38.6 Mio. mit -13 Mio. negativ.

Die Empa hat im Berichts- und im Vorjahr keine Absicherungsgeschäfte getätigt, weshalb kein Hedge Accounting angewendet wird.

Zweck- gebundene Schenkungen und Legate	Reserve Lehre und Forschung	Reserve Infrastruktur und Verwaltung	Zweck- gebundene Reserven	Freie Reserven	Kofinanzierung von Immobilien des Bundes	Bilanz- überschuss (+)/-fehl-betrag (-)	Total Eigenkapital
431	19871	-	20301	59148	500	-19300	-18169
-	-	-	-	-	-	38569	38569
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	110
-	-	-	-	-	-	-	-33562
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-33452
-33	-735	1200	433	15387	5746	-21565	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-33	-735	1200	433	15387	5746	17004	5117
398	19136	1200	20734	74535	6246	-2297	-13053

TCHF	Neubewertungs- reserven für Finanzanlagen	Kumulierte versicherungs- mathematische Gewinne (+)/ Verluste (-) von leistungsorien- tierten Vorsorge- plänen	Reserven aus Ab- sicherungsges- chäften	Bewertungs- reserven
2015				
Stand per 01.01.2015	-	-34 630	-	-34 630
Jahresergebnis	-	-	-	-
Direkt im Eigenkapital erfasste Positionen:	-	-	-	-
Neubewertung Finanzanlagen	-	-	-	-
Veränderung Personalvorsorgeverpflichtung	-	-44 189	-	-44 189
Absicherungsgeschäfte	-	-	-	-
Total direkt im Eigenkapital erfasste Positionen	-	-44 189	-	-44 189
Umbuchungen im Eigenkapital	-	-	-	-
Währungsdifferenzen im Eigenkapital	-	-	-	-
Total Veränderungen	-	-44 189	-	-44 189
Stand per 31.12.2015	-	-78 819	-	-78 819

Zweck- gebundene Schenkungen und Legate	Reserve Lehre und Forschung	Reserve Infrastruktur und Verwaltung	Zweck- gebundene Reserven	Freie Reserven	Kofinanzierung von Immobilien des Bundes	Bilanz- überschuss (+)/-fehl-betrag (-)	Total Eigenkapital
437	12 212	6 534	19 183	53 131	-	-33 632	4 052
-	-	-	-	-	-	21 968	21 968
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-44 189
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-44 189
-7	7 659	-6 534	1 118	6 018	500	-7 636	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-7	7 659	-6 534	1 118	6 018	500	14 332	-22 221
431	19 871	-	20 301	59 148	500	-19 300	-18 169

Geldflussrechnung

TCHF	Anhang	2016	2015	Veränderung absolut	Veränderung %
Geldfluss aus operativer Tätigkeit					
Jahresergebnis		38 569	21 968	16 601	76%
Abschreibungen	18	8 521	7 701	820	11%
Finanzergebnis nicht geldwirksam	13	100	–	100	–
Veränderung des Nettoumlaufvermögens		–3 538	–18 856	15 318	–81%
Veränderung der Nettovorsorgeverpflichtung	26	–6 575	–6 516	–59	1%
Veränderung der Rückstellungen	25	–74	301	–375	–125%
Veränderung der langfristigen Forderungen		–4 243	26 893	–31 136	–116%
Veränderung der zweckgebundenen Drittmittel	27	–4 112	–1 490	–2 622	176%
Umgliederungen und sonstiger nicht liquiditätswirksamer Erfolg		105	–	105	–
Geldfluss aus operativer Tätigkeit		28 753	30 002	–1 249	–4%
Geldfluss aus Investitionstätigkeit					
Investitionen					
Zugänge von Sachanlagen	18	–19 142	–15 368	–3 774	25%
Zugänge von immateriellen Anlagen	18	–510	–	–510	–
Zugänge Kofinanzierung	21	–5 761	–500	–5 261	1052%
Zugänge Darlehen	19	–250	–590	340	–58%
Zugänge Beteiligungen	20	–	–	–	–
Zugänge kurz- und langfristige Finanzanlagen	19	–3 890	–6 164	2 274	–37%
Total Investitionen		–29 553	–22 622	–6 931	31%

TCHF	Anhang	2016	2015	Veränderung absolut	Veränderung %
Desinvestitionen					
Abgänge von Sachanlagen	18	635	1 113	-478	-43%
Abgänge von immateriellen Anlagen	18	-	-	-	-
Abgänge Kofinanzierung	21	-	-	-	-
Abgänge Darlehen	19	160	570	-410	-72%
Abgänge Beteiligungen	20	-	-	-	-
Abgänge kurz- und langfristige Finanzanlagen	19	-	-	-	-
Total Desinvestitionen		795	1 683	-888	-53%
Geldfluss aus Investitionstätigkeit		-28 758	-20 939	-7 819	37%
Geldfluss aus Finanzierungstätigkeit					
Aufnahme von kurzfristigen und langfristigen Finanzverbindlichkeiten	23	-	-	-	-
Rückzahlung von kurzfristigen und langfristigen Finanzverbindlichkeiten	23	-	-	-	-
Geldfluss aus Finanzierungstätigkeit		-	-	-	-
Total Geldfluss		-6	9 063	-9 069	-100%
Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen Anfang Periode	14	69 526	60 463	9 063	15%
Total Geldfluss		-6	9 063		
Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen Ende Periode	14	69 520	69 526	-6	0%
Davon Währungsdifferenzen auf flüssigen Mitteln und kurzfristige Geldanlagen		-	-	-	-
Im Geldfluss aus operativer Tätigkeit enthalten sind:					
Erhaltene Dividenden		-	-	-	-
Erhaltene Zinsen		1	4	-3	-75%
Bezahlte Zinsen		-	-2	2	-100%

Anhang

1 Geschäftstätigkeit

Die Empa betreibt Material- und Technologieforschung; sie erarbeitet interdisziplinär Lösungen für die vorrangigen Herausforderungen der Industrie und schafft die wissenschaftlichen Grundlagen für eine nachhaltige Gesellschaftsentwicklung. Gemeinsam mit Industriepartnern entwickelt die Empa Forschungsergebnisse zu marktfähigen Innovationen. Dadurch trägt die Empa massgeblich dazu bei, die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Schweizer Wirtschaft zu stärken. Die Empa ist eine öffentlich-rechtliche Anstalt des Bundes. Als Institution des ETH-Bereichs ist die Empa in all ihren Tätigkeiten der Exzellenz verpflichtet.

2 Grundlagen der Rechnungslegung

Bei diesem Abschluss handelt es sich um einen Einzelabschluss mit der Berichtsperiode vom 1. Januar 2016 bis 31. Dezember 2016. Bilanzstichtag ist der 31. Dezember 2016.

Rechtsgrundlagen

Die Rechnungslegung der Empa stützt sich auf folgende Rechtsgrundlagen (inkl. Weisungen und Reglemente):

- Bundesgesetz vom 04.10.1991 über die Eidgenössischen Technischen Hochschulen (ETH-Gesetz; SR 414.110)
- Verordnung vom 19.11.2003 über den Bereich der Eidgenössischen Technischen Hochschulen (Verordnung ETH-Bereich; SR 414.110.3)
- Verordnung vom 05.12.2014 über das Finanz- und Rechnungswesen des ETH-Bereichs (SR 414.123)
- Rechnungslegungshandbuch für den ETH-Bereich (Version 5.2)

Rechnungslegungsstandard

Die Jahresrechnung der Empa orientiert sich seit 1. Januar 2015 an den International Public Sector Accounting Standards (IPSAS). Die zugrundeliegenden Rechnungslegungsvorschriften sind in der Weisung Rechnungslegungshandbuch für den ETH-Bereich festgelegt (Art. 34 Weisungen, Verordnung über das Finanz- und Rechnungswesen des ETH-Bereichs, SR 414.123).

Anwendung von Übergangsvorschriften der neuen IPSAS

Für die Umsetzung von IPSAS gelten für die Rechnungsjahre 2015 und 2016 Übergangsfristen in folgenden Bereichen, die zu Abweichungen von IPSAS führen:

- Abweichung 1: Es erfolgt keine vollständige Umsetzung der Offenlegungsvorschriften im Bereich der Finanzinstrumente (IPSAS 30).
- Begründung: Die Umsetzung von IPSAS 30 erfordert umfangreiche Anpassungen von Prozessen und Abläufen. Die Umsetzung sowie eine rückwirkende Beschaffung relevanter Daten ist zeit- und ressourcenintensiv.

- Abweichung 2: Nicht zur Anwendung kommen die Bestimmungen von IPSAS 23.76 ff. bezüglich des Transfers von Sachleistungen («Services In-kind») und Naturalleistungen («Goods In-kind»).

Begründung: Der komplexe Sachverhalt muss detailliert beurteilt werden und verlangt u. a. nach prozessualen Anpassungen. Diese Beurteilung sowie die Prozessanpassungen sind zeit- und ressourcenintensiv.

Veröffentlichte, aber noch nicht angewendete IPSAS

Bis zum Bilanzstichtag der Empa wurden nachfolgende IPSAS veröffentlicht. Diese treten erst später in Kraft und werden in der vorliegenden Jahresrechnung nicht oder nicht frühzeitig angewendet.

- IPSAS 33 Erstmalige Anwendung der auf periodengerechter Abgrenzung basierenden IPSAS
- IPSAS 34 Separate Abschlüsse
- IPSAS 35 Konzernabschlüsse
- IPSAS 36 Anteile an assoziierten Unternehmen und Joint Ventures
- IPSAS 37 Gemeinsame Vereinbarungen
- IPSAS 38 Angaben zu Beteiligungen an anderen Unternehmen
- IPSAS 39 Leistungen an Arbeitnehmer (ersetzt IPSAS 25)

Die vorgängig aufgeführten Standards treten per 1. Januar 2017 in Kraft, mit Ausnahme des IPSAS 39, der per 1. Januar 2018 in Kraft tritt. Ihre Auswirkungen auf die vorliegende Jahresrechnung werden systematisch analysiert und deren Umsetzung auf den 1. Januar 2017 geplant.

Es gibt keine weiteren Änderungen oder Interpretationen, die noch nicht verpflichtend anzuwenden sind und die eine wesentliche Auswirkung auf die Empa hätten.

3 Grundsätze der Bilanzierung und Bewertung

Die Bilanzierungs- und Bewertungsgrundsätze leiten sich aus den Grundlagen der Rechnungslegung ab. Die Jahresrechnung vermittelt ein Bild der tatsächlichen Vermögens-, Finanz- und Ertragslage der Empa («True and Fair View») mit einem periodengerechten Ausweis von Erträgen und Aufwänden («Accrual Accounting»).

Der Abschluss basiert auf historischen Anschaffungswerten. Ausnahmen von dieser Regel sind in den nachfolgenden Rechnungslegungsgrundsätzen beschrieben.

Die Jahresrechnung der Empa fliesst in die konsolidierte Jahresrechnung des ETH-Bereichs ein.

Währungsumrechnung

Die Berichterstattung erfolgt in Schweizer Franken (CHF). Alle Zahlen werden, sofern nicht anders aufgeführt, in Tausend Franken (TCHF) dargestellt.

Transaktionen in Fremdwährungen werden mit dem zum Zeitpunkt der Transaktion gültigen Wechselkurs umgerechnet. Als Transaktionsdatum gilt das Datum, zu dem die Transaktion erstmals zu erfassen ist. Zu jedem Abschlussstichtag werden monetäre Positionen in Fremdwährungen unter Verwendung des Stichtagskurses umgerechnet. Daraus resultierende Währungsumrechnungsdifferenzen werden im Finanzertrag bzw. Finanzaufwand erfasst. Nicht monetäre Positionen werden mit dem Wechselkurs am Tag der Transaktion umgerechnet.

Die wichtigsten Währungen und deren Umrechnungskurse sind:

Fremdwährungskurse

Währung	Einheit	Stichtagskurs per	
		31.12.2016	31.12.2015
EUR	1	1.0717	1.0875
USD	1	1.0160	1.0014
GBP	1	1.2582	1.4722
JPY	1 000	8.7080	8.3370

Erfassung von Erträgen

Jeder Mittelzufluss wird dahingehend beurteilt, ob es sich um eine Transaktion mit zurechenbarer Gegenleistung (IPSAS 9) oder um eine Transaktion ohne zurechenbare Gegenleistung (IPSAS 23) handelt. Liegt eine zurechenbare Gegenleistung (IPSAS 9) vor, wird der Ertrag grundsätzlich zum Zeitpunkt der Lieferung und Leistung verbucht. Bei Projektverträgen wird die noch nicht erbrachte Leistungsverpflichtung dem Fremdkapital zugeordnet. Der Ertrag wird aufgrund des Projektfortschritts, gestützt auf die in der Berichtsperiode angefallenen Kosten, abgerechnet und ausgewiesen.

Im Falle einer Transaktion ohne zurechenbare Gegenleistung (IPSAS 23) ist zu unterscheiden, ob eine Leistungs- oder Rückzahlungsverpflichtung vorhanden ist oder nicht. Liegt eine solche Verpflichtung vor, wird der entsprechende Betrag bei Vertragsabschluss als Fremdkapital verbucht und gemäss Projektfortschritt ertragswirksam aufgelöst.

Liegt weder eine entsprechende Gegenleistung noch eine Leistungs- oder Rückzahlungsverpflichtung gemäss IPSAS 23 vor, wie in der Regel bei Zuwendungen der Fall, wird der Ertrag im Berichtsjahr vollumfänglich erfolgswirksam verbucht und das Nettovermögen bzw. Eigenkapital entsprechend erhöht.

Die Erträge werden wie folgt strukturiert:

Trägerfinanzierung

Die vom Bund bzw. Parlament gesprochenen Beiträge an den ETH-Bereich umfassen den Finanzierungsbeitrag des Bundes (i.e.S.) und den Unterbringungsbeitrag des Bundes. Beide Ertragsarten werden als Transaktion ohne zurechenbare Gegenleistung (IPSAS 23) qualifiziert.

Die Beiträge des Bundes werden im Jahr der Entrichtung erfasst. Nicht verwendete Mittel des Finanzierungsbeitrags des Bundes führen zu Reserven im Eigenkapital.

Der Unterbringungsbeitrag entspricht dem Unterbringungs- aufwand, dessen Höhe einer kalkulatorischen Miete für die von der Empa genutzten Gebäude im Eigentum des Bundes entspricht. Der Unterbringungs- aufwand wird als Teil des Sachaufwands ausgewiesen.

Schulgelder und andere Benutzungsgebühren

Erträge aus Schulgeldern und anderen Benutzungsgebühren werden als Transaktionen mit zurechenbarer Gegenleistung (IPSAS 9) qualifiziert. Grundsätzlich werden die Erträge zum Zeitpunkt der Lieferung oder Leistungserbringung verbucht. Wenn wesentliche Leistungen über den Abschlussstichtag hinaus erbracht werden, wird eine Rechnungsabgrenzung vorgenommen.

Forschungsbeiträge, -aufträge und wissenschaftliche Dienstleistungen

Der Empa fliessen von verschiedenen Geldgebern projektbezogene Beiträge zu, mit dem Ziel, die Lehre und Forschung zu fördern. Bei Projektfinanzierungen handelt es sich überwiegend um mehrjährige Vorhaben. Je nach Charaktereigenschaft der Beiträge werden diese als Transaktion mit oder ohne zurechenbare Gegenleistung klassifiziert. Die Erfassung der Erträge erfolgt je nach Vorhandensein einer Leistungs- oder Rückzahlungsverpflichtung. Erträge aus Transaktionen ohne zurechenbare Gegenleistung (IPSAS 23) werden erfasst, wenn eine Forderung rechtlich bindend, der Zufluss von Ressourcen wahrscheinlich ist und keine Leistungsverpflichtung mehr besteht. In der Regel liegt eine Leistungsverpflichtung vor und der Ertrag wird gemäss Projektfortschritt in der Rechnungsperiode auf Basis der verbrauchten Ressourcen ausgewiesen.

Schenkungen und Legate

Erträge aus Schenkungen und Legaten werden als Transaktionen ohne zurechenbare Gegenleistung (IPSAS 23) qualifiziert. Zuwendungen ohne bedingtes Rückzahlungsrisiko werden in der Regel bei Vertragsunterzeichnung in vollem Umfang als Ertrag erfasst.

Übrige Erträge

Als übrige Erträge gelten unter anderem übrige Dienstleistungserträge sowie Liegenschaftserträge. Diese Erträge werden als Transaktionen mit zurechenbarer Gegenleistung (IPSAS 9) klassifiziert. Grundsätzlich werden die Erträge zum Zeitpunkt der Lieferung oder Leistungserbringung verbucht. Wenn die Leistung über den Abschlussstichtag hinaus erbracht wird, wird eine Rechnungsabgrenzung vorgenommen.

Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen

Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen umfassen Kassenbestände, Sichtguthaben und Terminanlagen bei Finanzinstituten sowie Gelder, die beim Bund angelegt sind, mit einer maximalen Laufzeit von 90 Tagen. Die Bewertung der flüssigen Mittel und kurzfristigen Geldanlagen erfolgt zum Nominalwert.

Forderungen

Forderungen aus Transaktionen mit zurechenbarer Gegenleistung (aus Lieferungen und Leistungen) und ohne zurechenbare Gegenleistung werden in der Bilanz separat ausgewiesen.

Bei Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistung (IPSAS 23), wie aus SNF- und EU-Projekten sowie von anderen Geldgebern, ist die Wahrscheinlichkeit eines Mittelzuflusses in Bezug auf das gesamte vertraglich vereinbarte Projektvolumen gegeben. Aus diesem Grund wird in der Regel die gesamte Projektsumme als Forderung zum Zeitpunkt des Vertragsabschlusses verbucht, sofern der tatsächliche Wert verlässlich ermittelt werden kann. Wenn die Erfassungskriterien nicht erfüllt werden können, werden Angaben unter den Eventualforderungen gemacht.

Langfristige Forderungen über 10 Mio. CHF werden zu fortgeführten Anschaffungskosten unter Verwendung der Effektivzinsmethode bilanziert. Die kurzfristigen Forderungen aus Lieferungen und Leistungen werden zum Zeitpunkt der Ertragsrealisation zu Anschaffungskosten bilanziert.

Auf Forderungen werden in der Regel basierend auf deren Altersstruktur pauschale Wertberichtigungen vorgenommen. Es erfolgen Einzelwertberichtigungen, wenn konkrete Hinweise für einen Zahlungsausfall bestehen.

Sachanlagen

Sachanlagen werden zu Anschaffungs- oder Herstellungskosten abzüglich kumulierter Abschreibungen bilanziert. Abschreibungen werden linear nach Massgabe der geschätzten Nutzungsdauer vorgenommen. Die geschätzten Nutzungsdauern betragen:

Nutzungsdauer Sachanlagen

Anlageklasse	Nutzungsdauer Forschungsanstalten
Immobilies Anlagevermögen	
Grundstücke	unbeschränkt
Mieterausbauten <= 1 Mio. CHF	10 Jahre
Mieterausbauten > 1 Mio. CHF	gemäss Komponenten ¹
Gebäude und Bauten	gemäss Komponenten ²
Biotope und Geotope	unbeschränkt
Mobilies Anlagevermögen	
Maschinen, Apparate, Werkzeuge, Geräte	5–10 Jahre
Personen-, Liefer-, Lastwagen, Luftfahrzeuge, Schiffe, etc.	4–7 Jahre
Möbiliar	5–10 Jahre
Informatik und Kommunikation	3–7 Jahre
Technische Betriebseinrichtungen (Grossforschungsanlagen)	10–40 Jahre

¹ Bei Sachanlagen mit einem Gesamtwert ab 1 Million Franken wird geprüft, ob Bestandteile (mit einem im Verhältnis zum Gesamtwert bedeutenden Wert) aufgrund einer anderen Lebensdauer separat aktiviert und abgeschrieben werden müssen (Komponentenansatz).

² Die Nutzungsdauer ist abhängig von Gebäudeart, Verwendungszweck und Bausubstanz (20-100 Jahre). Anlagen im Bau werden noch nicht abgeschrieben.»

Aktiviere Mieterausbauten und Installationen in gemieteten Räumlichkeiten werden über die geschätzte wirtschaftliche Nutzungsdauer oder die kürzere Mietvertragsdauer abgeschrieben.

Bei Zugängen von Sachanlagen wird geprüft, ob Bestandteile mit einem im Verhältnis zum Gesamtwert bedeutenden Wert aufgrund einer anderen Lebensdauer separat aktiviert und abgeschrieben werden müssen (Komponentenansatz).

Grossrenovationen und wertvermehrende Investitionen, die den wirtschaftlichen Nutzen einer Sachanlage erhöhen oder die Nutzungsdauer verlängern, werden aktiviert und über die geschätzte wirtschaftliche Nutzungsdauer abgeschrieben. Reine Reparatur- und Instandhaltungskosten werden als Aufwand erfasst. Fremdkapitalzinsen für Anlagen im Bau werden aktiviert.

Der Restwert stillgelegter oder verkaufter Sachanlagen wird aus der Bilanz ausgebucht. Der Abgangszeitpunkt entspricht dem Zeitpunkt des physischen Anlageabgangs. Die aus der Ausbuchung einer Sachanlage resultierenden Gewinne oder Verluste werden als betrieblicher Ertrag oder betrieblicher Aufwand erfasst.

Mobile Kulturgüter und Kunstgegenstände (z. B. Lehr-, Kunst-, Historische Sammlungen, Bibliotheken) werden nicht aktiviert. Es wird ein Sachinventar über diese Gegenstände geführt.

Immaterielle Anlagen

Immaterielle Vermögenswerte werden zu Anschaffungs- oder Herstellungskosten erfasst. Handelt es sich um Standard-Software, erfolgt die Abschreibung erfolgswirksam linear über drei Jahre. Andere immaterielle Vermögenswerte werden mit einer individuell zu bestimmenden Abschreibungsdauer über den Zeitraum der geschätzten Nutzungsdauer linear abgeschrieben.

Wertminderungen (Sachanlagen und immaterielle Anlagen)

Bei den Sachanlagen und den immateriellen Anlagen wird jährlich überprüft, ob Anzeichen einer Wertminderung vorliegen. Liegen konkrete Anzeichen vor, wird eine Werthaltigkeitsprüfung durchgeführt. Übersteigt der Buchwert dauerhaft den Nutzungswert oder den Nettoveräusserungserlös, wird eine Wertminderung in Höhe der Differenz erfolgswirksam erfasst.

Leasing

Leasingverträge für Liegenschaften, Einrichtungen, übrige Sachanlagen und Fahrzeuge, bei denen die Empa im Wesentlichen alle mit dem Eigentum verbundenen Risiken und Chancen übernimmt, werden als Finanzierungsleasing behandelt. Zu Beginn des Leasingvertrags werden das Aktivum und die Verbindlichkeit aus einem Finanzierungsleasing zum tatsächlichen Wert (Fair Value) des Leasingobjekts oder zum tieferen Barwert der Mindestleasingzahlungen erfasst. Jede Leasingzahlung wird in Amortisation und Zinsaufwand aufgeteilt. Der Amortisationsteil wird von der kapitalisierten Leasingverbindlichkeit in Abzug gebracht.

Die übrigen Leasingverträge, bei denen die Empa als Leasingnehmerin oder -geberin auftritt, werden als Operatives Leasing erfasst. Sie werden nicht bilanziert, sondern periodengerecht als Aufwand in der Erfolgsrechnung erfasst.

Langfristige Mieten von Immobilien werden für Grundstücke und Gebäude getrennt beurteilt.

Finanzanlagen

Finanzanlagen werden zum tatsächlichen Wert (Fair Value) erfasst, wenn diese mit der Absicht erworben werden, kurzfristige Gewinne durch die gezielte Ausnutzung von Marktpreisfluktuationen zu erzielen, oder wenn diese als zum Marktwert bewertete Finanzanlagen designiert werden (z. B. Beteiligungen ohne massgeblichen Einfluss). Wertänderungen werden erfolgswirksam erfasst.

Finanzanlagen mit einer fixen Fälligkeit, bei denen die Möglichkeit und die Absicht besteht, diese bis zur Fälligkeit zu halten, werden zu fortgeführten Anschaffungskosten unter Verwendung der Effektivzinsmethode bilanziert. Die Effektivzinsmethode verteilt die Differenz zwischen Anschaffungs- und Rückzahlungswert (Agio / Disagio) anhand der Barwertmethode über die Laufzeit der entsprechenden Anlage.

Die übrigen Finanzanlagen, die auf unbestimmte Zeit gehalten werden und jederzeit aus Liquiditätsgründen oder als Reaktion auf veränderte Marktbedingungen verkauft werden können, werden als «zur Veräusserung verfügbar» klassifiziert und zum Marktwert bilanziert. Nicht realisierte Gewinne und Verluste werden erfolgsneutral im Eigenkapital erfasst und erst

zum Zeitpunkt der Veräusserung der Finanzanlage oder des Eintretens einer Wertminderung (Impairment) erfolgswirksam umgebucht.

Gewährte Darlehen werden entweder zu fortgeführten Anschaffungskosten (Darlehen unter 10 Mio. CHF) oder zu fortgeführten Anschaffungskosten unter Verwendung der Effektivzinsmethode (Darlehen über 10 Mio. CHF) bilanziert.

Derivative Finanzinstrumente werden primär zu Absicherungszwecken oder als strategische Position eingesetzt. Die Bewertung erfolgt ausnahmslos zu Marktwerten. Wertanpassungen werden in der Regel erfolgswirksam erfasst. Eine Ausnahme bilden als Cashflow Hedges designierte derivative Finanzinstrumente, deren Wertänderung im Eigenkapital erfasst wird.

Als Finanzinvestition gehaltene Immobilien

Die Empa besitzt keine als Finanzinvestition gehaltenen Immobilien.

Beteiligungen

Aufgrund der Übergangsregelung erfolgt die Bewertung und der Ausweis der Beteiligungen analog der bisherigen Rechnungslegung (s. Anhang Ziffer 2, Grundlagen der Rechnungslegung). Die Bewertung erfolgt grundsätzlich zum Anschaffungswert abzüglich vorhandener Wertberichtigung.

Kofinanzierungen von Immobilien des Bundes

Kofinanzierungen sind von der Empa akquirierte Drittmittel, die für Bauvorhaben in bundeseigene Immobilien eingesetzt werden.

Die Bewertung von Kofinanzierungen richtet sich nach der Bewertung der ihnen zugrundeliegenden Immobilien, die der Bund zu Anschaffungs- oder Herstellungskosten abzüglich kumulierter Abschreibungen bilanziert. Daraus resultiert, dass sich der Wert der Kofinanzierungen aufgrund der laufenden Abschreibungen im gleichen Verhältnis reduziert. Die Kofinanzierungen werden sowohl in den Aktiven wie auch in den Passiven (Eigenkapital) der Bilanz mit gleichen Werten ausgewiesen.

Laufende Verbindlichkeiten

Die Bilanzierung der laufenden Verbindlichkeiten erfolgt üblicherweise bei Rechnungseingang. Im Weiteren sind in dieser Position die Kontokorrente mit Dritten (u. a. mit den Sozialversicherungen) bilanziert. Die Bewertung erfolgt zum Nominalwert.

Finanzverbindlichkeiten

Die Finanzverbindlichkeiten sind monetäre Verbindlichkeiten, die aus Finanzierungstätigkeiten entstehen. Sie sind in der Regel verzinslich. Verbindlichkeiten, die innerhalb von zwölf Monaten nach dem Bilanzstichtag zur Rückzahlung fällig werden, sind kurzfristig. Die Bewertung erfolgt zu fortgeführten Anschaffungskosten.

Rückstellungen

Rückstellungen werden gebildet, wenn ein Ereignis der Vergangenheit zu einer gegenwärtigen Verpflichtung führt, ein Mittelabfluss wahrscheinlich ist und dieser zuverlässig geschätzt werden kann.

Nettovorsorgeverpflichtungen

Unter Nettovorsorgeverpflichtungen der Empa werden die Verpflichtungen aus Vorsorgeplänen des Vorsorgewerks ETH-Bereich bei der Sammeleinrichtung PUBLICA ausgewiesen, die Leistungen bei Pensionierung, Todesfall und Invalidität vorsehen. Die Nettovorsorgeverpflichtungen entsprechen den gemäss den Methoden nach IPSAS 25 bewerteten Vorsorgeverpflichtungen abzüglich des Vorsorgevermögens (allenfalls ergänzt um Anpassungen aus einer Überdeckung gemäss Paragraph 69b oder um einen nachzuverrechnenden Dienstzeitaufwand).

Die Berechnung der Vorsorgeverpflichtung erfolgt nach der «Projected Unit Credit»-Methode (PUC-Methode) durch externe versicherungstechnische Experten. Die Vorsorgeverpflichtung entspricht dem Barwert der bis zum Bewertungsstichtag erworbenen Leistungen (Defined Benefit Obligation, DBO), und der Dienstzeitaufwand entspricht den reglementarischen Leistungen, die im folgenden Jahr erworben werden.

Basis für die Berechnung sind Angaben zu den Versicherten (Lohn, Altersguthaben etc.) unter Anwendung massgebender Parameter. Parameter sind unter anderem demografische Annahmen (Pensionierung, Invalidisierung, Todesfall etc.) und finanzielle Annahmen (Lohn- oder Rentenentwicklung, Verzinsung etc.). Die berechneten Werte werden über den Diskontierungszinssatz auf den Bewertungsstichtag abgezinst. Änderungen in der Einschätzung der ökonomischen Rahmenbedingungen können Auswirkungen auf die Vorsorgeverpflichtungen haben.

Das Äufnen des voraussichtlichen Vorsorgekapitals auf den Zeitpunkt des Altersrücktritts erfolgt bei der PUC-Methode nicht gestaffelt wie in den Vorsorgeplänen des Vorsorgewerks ETH-Bereich, sondern gleichmässig über die Anzahl der zu leistenden Dienstjahre. Die Vorsorgeverpflichtung wurde aufgrund des aktuellen Versichertenbestandes im Vorsorgewerk ETH-Bereich per 31. Oktober 2016 und anhand der versicherungstechnischen Annahmen per 31. Dezember 2016 (z. B. BVG 2015) und der Vorsorgepläne des Vorsorgewerks ETH-Bereich ermittelt. Die Resultate wurden unter Anwendung von pro-rata geschätzten Cashflows per 31. Dezember 2016 fortgeschrieben.

Die Auswirkungen von Änderungen im Vorsorgeplan (nachzuverrechnender Dienstzeitaufwand) werden, soweit sie zu wohlerworbenen Rechten geführt haben, unmittelbar in derjenigen Periode erfolgswirksam erfasst, in der sie entstehen. Darüber hinausgehende Auswirkungen werden über die angenommene durchschnittliche Dienstzeit bis zum Anspruch auf die Leistungen gleichmässig im Eigenkapital erfasst. Versicherungstechnische und anlageseitige Gewinne und Verluste aus leistungsorientierten Plänen werden in der Berichtsperiode, in der sie anfallen, direkt über das Eigenkapital erfasst.

Wesentliche übrige langfristige Leistungen an Mitarbeitende (z.B. anwartschaftliche Treueprämien) werden ebenfalls nach der PUC-Methode bewertet.

Zweckgebundene Drittmittel

Die Verbindlichkeiten aus zweckgebundenen Projekten, deren Erträge als Transaktion ohne zurechenbare Gegenleistung (IP-SAS 23) qualifiziert wurden, werden in der Bilanz als Zweckgebundene Drittmittel im langfristigen Fremdkapital ausgewiesen. Langfristig deshalb, weil die Projekte in der Regel über mehrere Jahre laufen und der kurzfristige Anteil der Verbindlichkeit nicht bestimmt werden kann.

Die Bewertung erfolgt anhand der offenen Leistungsverpflichtungen zum Bilanzstichtag. Diese berechnet sich aus der vertraglich vereinbarten Projektsumme abzüglich der bis zum Bilanzstichtag erbrachten Leistungen.

Eigenkapital

Das Nettovermögen oder Eigenkapital ist der Residualanspruch auf Vermögenswerte einer Einheit nach Abzug all ihrer Verbindlichkeiten. Das Eigenkapital ist wie folgt strukturiert:

Bewertungsreserven

In den Bewertungsreserven werden folgende erfolgsneutrale Verbuchungen vorgenommen:

- *Neubewertungsreserven für Finanzanlagen*, die unter die Kategorie «zur Veräusserung verfügbar» fallen und zum tatsächlichen Wert (Fair Value) bilanziert sind. Marktwertveränderungen werden bis zur Veräusserung der Finanzanlagen über das Eigenkapital verbucht.
- *Bewertungsreserven aus Vorsorgeverpflichtungen*. Versicherungsmathematische und anlageseitige Gewinne und Verluste aus Vorsorgeverpflichtungen bzw. Planvermögen werden erfolgsneutral über das Eigenkapital verbucht.
- *Bewertungsreserven aus Absicherungsgeschäften*. Falls Hedge Accounting angewendet wird, werden positive und negative Wiederbeschaffungswerte aus Absicherungsgeschäften erfolgsneutral über das Eigenkapital verbucht und erfolgswirksam aufgelöst, sobald das abgesicherte Grundgeschäft erfolgswirksam wird.

Zweckgebundene Reserven

Zu den zweckgebundenen Reserven im Eigenkapital gehören:

- Schenkungen und Legate
- Reserve Lehre und Forschung (Wahl-/Berufungsversprechen, Lehr- und Forschungsprojekte)
- Reserve Infrastruktur und Verwaltung (Wertschwankungen, Bauprojekte)

Zweckgebundene Reserven müssen (mit Ausnahme von Wahl-/Berufungsversprechen) erwirtschaftet worden sein. Bildung und Auflösung erfolgen innerhalb des Eigenkapitals.

Schenkungen und Legate

Unter dieser Position werden noch nicht verwendete Restmittel aus Schenkungen und Legaten ausgewiesen, die nicht als Fremdkapital qualifizieren, aber trotzdem mit gewissen Auflagen verbunden sind. Frei verfügbare Mittel (ohne Auflagen) aus Schenkungen und Legaten werden unter den freien Reserven ausgewiesen.

Reserve für Lehre und Forschung

Diese Position zeigt auf, dass verschiedene Zusprachen bestehen und entsprechende Reserven zu deren Deckung zwingend gebildet wurden. Zusprachen erfordern einen Beschluss, in der Regel der Direktion oder Schulleitung, und müssen jederzeit nachgewiesen werden können.

Reserve Infrastruktur und Verwaltung

Darunter fallen Reserven für Wertschwankungen des Wertschriftenportefeuilles sowie Reserven für Bauprojekte.

Die Wertschwankungsreserve wird anhand der Anlagestrategie ermittelt, sie dient als Risikokapital.

Die Reserve für Bauprojekte betrifft Bundesgelder, die für Immobilienprojekte gesprochen und ausbezahlt, aufgrund von Verzögerungen aber noch nicht verwendet worden sind.

Freie Reserven

Die freien Reserven umfassen:

- Freie Reserven der Institutionsleitung. Es sind keine externen oder internen Auflagen vorhanden, die die Entscheidungsfreiheit einschränken würden.
- Freie Forschungsreserven der Departemente und Abteilungen. Sie entstehen primär aus Restsalden abgeschlossener Drittmittelprojekte. Sie dienen der Lehre und Forschung sowie zur Abdeckung von Verlusten (z. B. kurzfristige Ertragsausfälle, Währungsverluste). Eine zeitlich bezogene oder zielorientierte Zweckgebundenheit besteht jedoch nicht.
- Freie Reserven aus dem Finanzierungsbeitrag des Bundes. Sie zeigen die noch nicht verbrauchten Mittel per Stichtag. Sie unterliegen keinen spezifischen Auflagen.

Kofinanzierung von Immobilien des Bundes

Wenn von der Empa akquirierte Drittmittel für Bauvorhaben in Immobilien eingesetzt werden und diese Immobilien im Eigentum des Bundes sind, spricht man von Kofinanzierungen. Diese an den Bund überwiesenen Mittel werden einerseits im Anlagevermögen als Kofinanzierungen ausgewiesen, und andererseits werden die über die Erfolgsrechnung als Ertrag verbuchten Drittmittel unter der Rubrik Kofinanzierungen als zweckgebundenes Eigenkapital ausgewiesen.

Bilanzüberschuss/-fehlbetrag

Die Position Bilanzüberschuss oder Bilanzfehlbetrag zeigt den Stand der kumulierten Ergebnisse am Bilanzstichtag. Er besteht aus: Ergebnisvortrag, Jahresergebnis und Umbuchungen im Eigenkapital.

Der Ergebnisvortrag wird jährlich im Rahmen der Ergebnisverwendung geäufnet. Im Jahresergebnis ist der noch nicht verteilte Teil des Ergebnisses enthalten.

Eventualverbindlichkeiten und Eventualforderungen

Eine Eventualverbindlichkeit ist entweder eine mögliche Verpflichtung aus einem vergangenen Ereignis, deren Existenz erst durch ein zukünftiges Ereignis bestätigt werden muss. Der Eintritt dieses Ereignisses kann nicht beeinflusst werden. Oder es handelt sich um eine gegenwärtige Verbindlichkeit aus einem vergangenen Ereignis, dessen Eintreten möglich jedoch nicht wahrscheinlich ist oder mangels zuverlässiger Messbarkeit nicht bilanziert werden kann (Kriterien für die Verbuchung einer Rückstellung sind nicht erfüllt).

Eine Eventualforderung wird als eine mögliche Vermögensposition aus einem vergangenen Ereignis definiert, deren Existenz erst durch ein zukünftiges Ereignis bestätigt werden muss. Der Eintritt dieses Ereignisses kann nicht beeinflusst werden. Darunter fallen nur Eventualforderungen gegenüber Dritten.

Finanzielle Zusagen

Finanzielle Zusagen werden im Anhang ausgewiesen, wenn sie auf Ereignissen vor dem Bilanzstichtag basieren, nach dem Bilanzstichtag sicher zu Verpflichtungen gegenüber Dritten führen und in ihrer Höhe zuverlässig ermittelt werden können.

Geldflussrechnung

Die Geldflussrechnung zeigt die Geldflüsse aus operativer Tätigkeit sowie aus Investitions- und Finanzierungstätigkeit. Die Darstellung erfolgt nach der indirekten Methode. Das heisst, der operative Geldfluss basiert auf dem Jahresergebnis, das um Wertflüsse bereinigt wird, die keinen unmittelbaren Mittelfluss auslösen. «Total Geldfluss» entspricht der Veränderung der Bilanzposition «Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen».

4 Schätzungsunsicherheiten und Managementbeurteilungen

Schätzungsunsicherheiten hinsichtlich der Anwendung von Bilanzierungs- und Bewertungsmethoden

Die Erstellung der Jahresrechnung in Übereinstimmung mit allgemein anerkannten Rechnungslegungsgrundsätzen bedingt die Anwendung von Schätzwerten und Annahmen. Schätzungen und Annahmen basieren auf Erfahrungswerten der Vergangenheit sowie anderen Faktoren, die angemessen und begründet sind, wie Erwartungen bezüglich des Eintreffens zukünftiger Ereignisse. Zusätzlich sind bei der Anwendung der Rechnungslegungsgrundsätze Entscheide zu treffen, die bedeutende Auswirkungen auf die in der Jahresrechnung ausgewiesenen Beträge haben können. Obwohl diese Schätzwerte nach bestem Wissen der Leitungsorgane ermittelt werden, können die tatsächlichen Ergebnisse von diesen Schätzwerten abweichen. Dies gilt insbesondere für folgende Sachverhalte:

Nutzungsdauer und Impairment von Sachanlagen

Die Nutzungsdauer von Sachanlagen wird unter Berücksichtigung der aktuellen technischen Gegebenheiten und Erfahrungen aus der Vergangenheit definiert und periodisch überprüft. Eine Änderung der Einschätzung kann Auswirkungen auf die künftige Höhe der Abschreibungen sowie des Buchwerts haben.

Im Rahmen der regelmässig durchgeführten Werthaltigkeitsprüfung werden ebenfalls Einschätzungen vorgenommen, die eine Reduktion des Buchwerts nach sich ziehen können (Wertminderung bzw. Impairment).

Rückstellungen

Rückstellungen beinhalten einen höheren Grad an Schätzungen als andere Bilanzpositionen. Infolgedessen könnten sie je nach Abschluss des Sachverhalts zu einem höheren oder tieferen Mittelabfluss führen.

Nettovorsorgeverpflichtungen

Die Berechnung der Nettovorsorgeverpflichtung basiert auf langfristigen versicherungsmathematischen Annahmen für die Vorsorgeverpflichtung und für die erwartete Rendite auf das Vermögen der Vorsorgepläne. Diese Annahmen können von der effektiven zukünftigen Entwicklung abweichen. Die Bestimmung des Diskontierungszinssatzes und der zukünftigen Lohnentwicklungen sind wesentlicher Bestandteil der versicherungsmathematischen Bewertung.

Diskontierungssätze

Für die Diskontierung von Forderungen, Verbindlichkeiten und Rückstellungen wurden einheitliche Diskontierungszinssätze definiert. Diese basieren auf einem risikolosen Zinssatz und einem Bonitätszuschlag. Aufgrund der aktuellen Zinssituation unterliegen diese Diskontierungszinssätze jedoch gewissen Unsicherheiten.

Managementbeurteilungen hinsichtlich der Anwendung von Bilanzierungs- und Bewertungsmethoden.

In der Berichtsperiode sowie im Vorjahr wurden keine Beurteilungen oder Entscheide hinsichtlich Bilanzierungs- und Bewertungsmethoden durch das Management vorgenommen, die einen wesentlichen Einfluss auf das Jahresergebnis hätten.

5 Trägerfinanzierung

Finanzierungsbeitrag des Bundes

TCHF	2016	2015	Veränderung absolut	Veränderung %
Finanzierungsbeitrag des Bundes	107 678	96 879	10 798	11%

Der Finanzierungsbeitrag des Bundes wurde zur Erreichung der Ziele gemäss ETH-Gesetz (SR 414.110) und des Leistungsauftrags 2013-2016 verwendet. Mit dem zugesprochenen Finanzierungsbeitrag (Globalbudget) deckt die Empa die Kosten für die Forschung und Lehre, den Wissens- und Technologietransfer wie auch den Anteil an Bauinvestitionen und Unterhalt für die von der Empa genutzten Immobilien im Eigentum des Bundes.

Im Grundbetrag sind zweckgebundene Mittel für den Aktionsplan «Koordinierte Energieforschung Schweiz» von 3.5 Mio. (VJ: 3.4 Mio.) sowie die projektorientierten Kreditverschiebungen für die Kompetenz-Zentren des ETH-Bereiches enthalten. Zusätzlich sind aus der Immobilienportfoliobereinigung der Empa 3.5 Mio. mit eingeflossen.

Unterbringungsbeitrag des Bundes

TCHF	2016	2015	Veränderung absolut	Veränderung %
Beitrag an Unterbringung	15 872	16 453	-581	-4%

Der Unterbringungsbeitrag repräsentiert den Mietaufwand für die Liegenschaften im Eigentum Bund, die von der Empa genutzt werden. Die Berechnung erfolgt auf Basis der kalkulatorischen Abschreibungen und der Kapitalkosten der Immobilien.

Aus Transparenzgründen wird der Unterbringungsbeitrag nicht ausgabenwirksam und erfolgsneutral sowohl in den Erträgen als auch im Aufwand abgebildet.

6 Schulgelder und andere Benutzungsgebühren

Die Einnahmen aus der Durchführung von wissenschaftlichen Kursen und Veranstaltungen betragen im Berichtsjahr 0.2 Mio. (VJ: 0.3 Mio.) und sind als wissenschaftliche Dienstleistungen (IPSAS 9) in Punkt 7 enthalten.

7 Forschungsbeiträge, -aufträge und wissenschaftliche Dienstleistungen

TCHF	2016	davon Erträge (IPSAS 23)	davon Erträge (IPSAS 9)	2015	davon Erträge (IPSAS 23)	davon Erträge (IPSAS 9)	Veränderung absolut	Veränderung %
Schweizerischer Nationalfonds (SNF)	8 624	8 624	–	8 389	8 389	–	236	3%
Kommission Technologie und Innovation (KTI)	10 158	10 158	–	10 822	10 822	–	–664	–6%
Forschung Bund (Ressortforschung)	8 578	6 523	2 054	6 509	4 649	1 860	2 069	32%
Europäische Forschungsrahmenprogramme (FRP)	6 410	6 410	–	6 141	6 141	–	268	4%
Wirtschaftsorientierte Forschung (Privatwirtschaft)	17 487	2 760	14 727	20 050	2 997	17 053	–2 563	–13%
Übrige projektorientierte Drittmittel (inkl. Kantone, Gemeinden, internationale Organisationen)	12 088	11 521	567	2 619	2 149	470	9 469	362%
Total Forschungsbeiträge, -aufträge und wissenschaftliche Dienstleistungen	63 346	45 997	17 348	54 530	35 147	19 383	8 815	16%
Europäische Forschungsrahmenprogramme (FRP)								
davon vom SBFI finanziert	2 676			921			1 755	191%

Gemäss dem Rechnungslegungsstandard IPSAS werden die Erträge je nach Art der Verträge entweder unter IPSAS 23 (z.B. Forschungsbeiträge mit Subventionscharakter) oder als IPSAS 9 (z.B. wissenschaftliche Dienstleistungen) dargestellt. Die Ertragsrealisierung erfolgt aufgrund der erbrachten Leistung, die auf Basis der aufgelaufenen Kosten ermittelt wird. Die Realisierung der Leistungen für NEST (Bauleistungen Backbone und die Erstellung von Units), die durch Drittmittel finanziert werden, führen im Berichtsjahr vor allem in den übrigen projektorientierten Drittmitteln zu höheren Erträgen als im Vor-

jahr. Die noch zu erbringende Leistungsverpflichtung für alle IPSAS 23-Projekte werden zweckgebunden im langfristigen Fremdkapital ausgewiesen.

In der wirtschaftsorientierten Forschung sind u.a. die wissenschaftlichen Dienstleistungen mit 10.2 Mio. (VJ: 10.9 Mio.) und die Cash-Beiträge der Industrie für KTI-Projekte in der Höhe von 1.1 Mio. enthalten.

8 Schenkungen und Legate

TCHF	2016	2015	Veränderung absolut	Veränderung %
Schenkungen und Legate	18	14	4	29%

Die Förderung von Spin-off Unternehmen der Empa wird aus einem Legate zu Gunsten der Empa finanziert. Die erhaltenen Darlehenszinsen werden diesem Legat wieder zugeschrieben.

9 Übrige Erträge

TCHF	2016	2015	Veränderung absolut	Veränderung %
Lizenzen und Patente	478	272	206	76%
Verkäufe	62	113	-52	-46%
Rückerstattungen	529	497	32	6%
Übrige Dienstleistungen	336	363	-26	-7%
Liegenschaftsertrag	1874	1936	-62	-3%
Mittel aus Immobilienportfoliobereinigung ETH Bereich	-	-	-	n.a.
Gewinne aus Veräusserungen (Sachanlagen)	124	46	78	170%
Aktivierung von Eigenleistungen	-	-	-	n.a.
Übriger verschiedener Ertrag	3359	4410	-1052	-24%
Total Übrige Erträge	6762	7637	-875	-11%

Im Vergleich zum Vorjahr haben die Lizenzeinnahmen mit 0.5 Mio. deutlich zugenommen (+ 76%). Die übrigen Erträge umfassen im Berichtsjahr vor allem die Intercompany-Erträge im ETH-Bereich und im Vorjahr zusätzlich eine einmalige Schadenersatzzahlung zu Gunsten der Empa von 0.8 Mio.

10 Personalaufwand

TCHF	2016	2015	Veränderung absolut	Veränderung %
Professorinnen und Professoren	–	–	–	0%
Wissenschaftliches Personal	50 439	50 815	–376	–1%
Technisch-administratives Personal, Lernende, Praktikantinnen und Praktikanten	39 184	38 971	213	1%
EO, SUVA und sonstige Rückerstattungen	–488	–479	–10	2%
Total Personalbezüge	89 135	89 307	–172	0%
Sozialversicherung AHV/ALV/IV/EO/MuV	5 532	5 553	–20	0%
Nettovorsorgeaufwand	4 234	4 458	–224	–5%
Unfall- und Krankenversicherung SUVA (BU/NBU/KTG)	375	388	–12	–3%
Arbeitgeberbeitrag an die Familienausgleichskasse (FAK/FamZG)	1 059	1 060	–1	0%
Total Sozialversicherungen und Vorsorgeaufwand	11 200	11 458	–258	–2%
Übrige Arbeitgeberleistungen	40	284	–244	–86%
Temporäres Personal	22	14	8	57%
Veränderung Rückstellungen für Ferien und Überzeit	–30	140	–170	–121%
Veränderung Rückstellungen für anwartschaftliche Dienstaltersgeschenke	–52	–38	–14	37%
Übriger Personalaufwand	1 027	1 113	–86	–8%
Total Personalaufwand	101 342	102 279	–936	–1%

Der leichte Rückgang bei den Personalbezügen im wissenschaftlichen Bereich ist auf die projektbezogenen Anstellungen zurückzuführen. Aufgrund der bestehenden Leistungsverträge für Forschungsprojekte ist jedoch nicht mit einem signifikanten Rückgang zu rechnen. Die zunehmende Komplexität in der Bedienung und im Unterhalt von modernen

wissenschaftlichen Geräten führt zudem zu einer leichten Erhöhung in der Mitarbeiterkategorie technisch-administratives Personal.

Der Nettovorsorgeaufwand wurde gemäss IPSAS 25 berechnet. Die Details dazu sind unter Punkt 26 ersichtlich.

11 Sachaufwand

TCHF	2016	2015	Veränderung absolut	Veränderung %
Material- und Warenaufwand	6 195	5 728	467	8%
Raumaufwand	21 707	21 519	188	1%
Übriger Betriebsaufwand	17 152	15 860	1 292	8%
Total Sachaufwand	45 055	43 108	1 947	-

Die höheren Material- und Warenaufwendungen sind unter anderem auf den verbrauchsabhängig höheren Bedarf an Laborwaren und Chemikalien zurückzuführen. Im Raumaufwand ist der kalkulatorisch berechnete Unterbringungsbeitrag von 15.9 Mio. (-0.6 Mio. im Vergleich zum Vorjahr) für die

Nutzung der Liegenschaften im Eigentum vom Bund enthalten. Im übrigen Betriebsaufwand ist ab 2016 unser Beitrag an die gemeinsame Bibliothek der 4 Forschungsanstalten, die von der Eawag betrieben wird, im Betrag von 1.4 Mio. enthalten.

12 Transferaufwand

TCHF	2016	2015	Veränderung absolut	Veränderung %
Stipendien und andere Beiträge an Studierende und Doktoranden	-	-	-	0%
Beiträge an Forschungsprojekte	85	-	85	0%
Aufwand für Teilnahme an Projekten mit nationaler Bedeutung	-	-	-	-
Spezielle Initiativen	-	-	-	-
Übrige	85	-	-	-
Übriger Transferaufwand	-	-	-	0%
Total Transferaufwand	85	-	85	0%

Im Transferaufwand weisen wir nur Beiträge der Empa für Forschungsprojekte aus, die nicht im Rahmen einer Leading House-Funktion der Empa weitergeleitet werden.

13 Finanzergebnis

TCHF	2016	2015	Veränderung absolut	Veränderung %
Finanzertrag				
Zinsertrag	1	4	-3	-75%
Beteiligungsertrag	-	-	-	0%
Verkehrswertanpassungen Finanzanlagen	-	-	-	0%
Fremdwährungsgewinne	141	250	-109	-44%
Übriger Finanzertrag	-	-	-	0%
Total Finanzertrag	142	254	-112	44%
Finanzaufwand				
Zinsaufwand	-	2	-2	-100%
Übrige Finanzierungskosten für Fremdkapitalbeschaffung	-	-	-	-
Verkehrswertanpassungen und Wertberichtigungen von Finanzanlagen	100	-	100	-
Fremdwährungsverluste	137	704	-567	-81%
Übriger Finanzaufwand	9	7	2	29%
Total Finanzaufwand	246	713	-467	-65%

Die Anlage der finanziellen Mittel wird auf Basis der Vereinbarung zwischen der Eidg. Finanzverwaltung (EFV) und dem ETH-Rat über die Tresoreriebeziehungen zwischen der EFV und dem ETH-Bereich vom 29.11.2007 vorgenommen. Aufgrund der derzeitigen Marktsituation werden die Guthaben bei

der EFV nicht mehr verzinst. Das Darlehen für eine Spin-off der Empa in der Höhe von 0.1 Mio. wurde aufgrund der Konkursmeldung zu 100% wertberichtigt. Insgesamt haben sich die Einflüsse aufgrund von Wechselkursschwankungen erheblich verringert (- 0.4 Mio.).

14 Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen

TCHF	31.12.2016	31.12.2015	Veränderung absolut	Veränderung %
Kasse	50	65	-16	-24%
Post	23 134	26 190	-3 056	-12%
Bank	336	470	-134	-28%
Kurzfristige Geldanlagen (<90 Tage)	46 000	42 800	3 200	7%
Total Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen	69 520	69 526	-6	0%

Es sind keine flüssigen Mittel mit Verfügungsbeschränkung vorhanden (IPSAS 2.61).

15 Forderungen

TCHF	31.12.2016	31.12.2015	Veränderung absolut	Veränderung %
Forderungen aus Projektgeschäft und Zuwendungen	53 968	44 051	9 917	23%
Sonstige Forderungen	7	2	5	291%
Wertberichtigungen	–	–	–	0%
Forderungen aus Transaktionen ohne Gegenleistung	53 975	44 053	9 922	23%
Davon kurzfristiger Anteil	33 318	27 639	5 679	21%
Davon langfristiger Anteil	20 657	16 413	4 243	26%
Forderungen aus Lieferungen & Leistungen	3 227	5 227	–2 000	–38%
Sonstige Forderungen	23	25	–2	–8%
Wertberichtigungen	–	–	–	0%
Forderungen aus zurechenbaren Gegenleistungen	3 250	5 252	–2 002	–38%
Davon kurzfristiger Anteil	3 250	5 252	–2 002	–38%
Davon langfristiger Anteil	–	–	–	0%

Seit 2016 werden die Forderungen ohne zurechenbaren Gegenleistungen (IPSAS 23) und die Forderungen mit zurechenbaren Gegenleistungen (IPSAS 9) nach Fristigkeit ausgewiesen. Die Werte des Vorjahres wurden entsprechend angepasst.

Die Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistung (IPSAS 23) sind projektorientiert und können sich aufgrund der sehr unterschiedlichen Projektvertragswerte im Vergleich zum Vorjahr erheblich verändern. Die Forderungen aus Lieferungen & Leistungen haben im Vergleich zum Vorjahr um 2 Mio. abgenommen, weil vor allem die Intercompany-Forderungen in 2016 bereits ausgeglichen worden sind.

16 Vorräte

Vorräte sind ab einem Gesamtwert von 0.1 Mio. zu aktivieren. Die Empa verzichtet auf eine Bilanzierung, da diese Aktivierungsgrenze nicht erreicht wird.

17 Aktive Rechnungsabgrenzungen

TCHF	31.12.2016	31.12.2015	Veränderung absolut	Veränderung %
Zinsen	–	–	–	0%
Übrige aktive Rechnungsabgrenzungen	1 872	2 402	–531	–22%
Total Aktive Rechnungsabgrenzungen	1 872	2 402	–531	–22%

2016 betragen die aktiven Rechnungsabgrenzungen für die wissenschaftlichen Dienstleistungen (IPSAS 9) 1 Mio. (2015: 0.7 Mio.). Die restlichen Veränderungen sind vor allem darauf zurückzuführen, dass die Vorleistungen für die SUVA nicht mehr abgegrenzt werden musste.

18 Sachanlagen und immaterielle Anlagen

TCHF	Technische Betriebs- einrichtungen, Maschi- nen, Geräte, Mobiliar, Fahrzeuge	Informatik Hardware (IT-Investitionsgüter)	Anzahlungen, mobile Anlagen im Bau
Anschaffungswerte			
per 01.01.2016	99 021	4 331	4 478
Zugänge	10 265	1 192	4 511
Umgliederungen	3 145	–	–3 145
Abgänge	–2 022	–28	–483
per 31.12.2016	110 408	5 495	5 362
Kumulierte Wertberichtigungen			
per 01.01.2016	63 012	3 996	–
Abschreibungen	7 673	261	–
Wertminderungen	–	–	–
Zuschreibungen	–	–	–
Umgliederungen	–	–	–
Abgänge Wertberichtigungen	–1 651	–28	–
per 31.12.2016	69 034	4 229	–
Bilanzwert per 31.12.2016	41 374	1 266	5 362
davon Anlagen im Leasing			

Zu den grössten Investitionen 2016 gehören unter anderen ein Transmissionselektronenmikroskop für 1.8 Mio., die Inbetriebnahme des Mobilitätsdemonstrators move mit 1.3 Mio., eine Cluster-Tool Maschine (Sputtering System) mit 1.2 Mio., die neue IT Storage und Backup Lösung im Betrag von 1.5 Mio., die Erneuerung des Geräteparks der Werkstatt in der Höhe von 0.9 Mio. sowie ein Sub-Micrometer Computertomograph von 0.8 Mio.

Die Anzahlungen (mobile Anlagen im Bau) im Betrag von 5.4 Mio. umfassen vor allem die An- und Teilzahlungen für die Forschungsunits der Research and Technology Transfer Platforms (RTTPs) wie z.B. Meet2Create, Vision Wood und ehub.

In der Kategorie Grundstücke, Gebäude beinhalten die Zugänge hauptsächlich die nutzerspezifischen Einrichtungen (BKP3 in der Anlagenbuchhaltung der Empa) für das Coating Competence Center im Betrag von 2.5 Mio., NEST (2.5 Mio.),

Total Mobiles Anlagevermögen	Grundstücke, Gebäude	Immobilie Anlagen im Bau	Total Immobiles Anlagevermögen	Total Sachanlagen	Total Immaterielle Anlagen
107 830	2 395	5 744	8 139	115 969	–
15 968	3 030	149	3 179	19 147	510
–	5 744	–5 744	–	–	–
–2 533	–	–	–	–2 533	–
121 265	11 169	149	11 318	132 582	510
67 008	784	–	784	67 792	–
7 934	529	–	529	8 463	42
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–1 679	–	–	–	–1 679	–
73 263	1 313	–	1 313	74 576	42
48 002	9 855	149	10 004	58 007	467
–	–	–	–	–	–

die Infrastruktur des Röntgenhauses von 0.9 Mio., die Sanierung der Lüftungsanlagen in diversen Gebäuden in der Höhe von 0.9 Mio., die Infrastruktur für die Heliumrückgewinnung von 0.5 Mio. sowie das Technikum- und Chemielabor im Laborgebäude mit 0.5 Mio.

Die Kofinanzierungen der Empa an Immobilien im Eigentum des Bundes, werden nicht unter dem immobilien Anlagevermögen sondern unter den langfristigen Finanzanlagen bilanziert.

TCHF	Technische Betriebs- einrichtungen, Maschi- nen, Geräte, Mobiliar, Fahrzeuge	Informatik Hardware (IT-Investitionsgüter)	Anzahlungen, mobile Anlagen im Bau
Anschaffungswerte			
per 01.01.2015	93 133	4 351	1 388
Zugänge	7 270	–	3 995
Umgliederungen	–	–	–
Abgänge	–1 383	–19	–906
per 31.12.2015	99 021	4 331	4 478
Kumulierte Wertberichtigungen			
per 01.01.2015	57 009	3 732	–
Abschreibungen	7 178	284	–
Wertminderungen	–	–	–
Zuschreibungen	–	–	–
Umgliederungen	–	–	–
Abgänge Wertberichtigungen	–1 175	–19	–
per 31.12.2015	63 012	3 996	–
Bilanzwert per 31.12.2015	36 009	335	4 478
davon Anlagen im Leasing			

Total Mobiles Anlagevermögen	Grundstücke, Gebäude	Immobilienanlagen im Bau	Total Immobiles Anlagevermögen	Total Sachanlagen	Total Immaterielle Anlagen
98 872	2 395	1 641	4 036	102 908	–
11 265	–	4 103	4 103	15 368	–
–	–	–	–	–	–
– 2 307	–	–	–	– 2 307	–
107 830	2 395	5 744	8 139	115 969	–
60 740	544	–	544	61 285	–
7 462	240	–	240	7 701	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–
– 1 195	–	–	–	– 1 195	–
67 008	784	–	784	67 792	–
40 822	1 611	5 744	7 355	48 177	–
–	–	–	–	–	–

19 Finanzanlagen

TCHF	31.12.2016	31.12.2015	Veränderung absolut	Veränderung %
Kurzfristige Finanzanlagen				
Wertpapiere, Diskontpapiere und Festgelder	–	–	–	0%
Positive Wiederbeschaffungswerte	–	–	–	0%
Darlehen	350	410	–60	–15%
Übrige Finanzanlagen	44 929	40 929	4 000	10%
Total Kurzfristige Finanzanlagen	45 279	41 339	3 940	10%
Langfristige Finanzanlagen				
Wertpapiere, Diskontpapiere und Festgelder	–	–	–	0%
Darlehen	150	100	50	50%
Übrige Finanzanlagen	522	412	110	27%
Total Langfristige Finanzanlagen	672	512	160	31%

Bei den übrigen kurzfristigen Finanzanlagen handelt es sich vor allem um die zweckgebundenen Projektmittel (Zweit- und Drittmittel), die, bis sie in Lehre und Forschung eingesetzt werden, vorübergehend beim Bund angelegt sind.

20 Beteiligungen

Die Empa besitzt keine massgeblichen Beteiligungen (grösser 20%) an anderen Gesellschaften.

21 Kofinanzierungen

TCHF	2016	2015	Veränderung absolut	Veränderung %
Anschaffungswerte				
per 1.1.	500	–	500	0%
Zugänge	5 761	500	5 261	1052%
Abgänge	–	–	–	–
per 31.12.	6 261	500	5 761	1152%
Kumulierte Wertberichtigungen				
per 1.1.	–	–	–	0%
Abschreibungen	15	–	15	0%
Abgänge	–	–	–	–
per 31.12.	15	–	15	0%
Bilanzwert per 31.12.	6 246	500	5 746	1152%

Bei den Kofinanzierungen handelt es sich um Mittel von Dritten, welche der Empa zur Finanzierung von Immobilien zugewendet wurden. Der Ausweis der Kofinanzierungen unter dem Eigenkapital stellt den Teilanspruch an den durch die Empa kofinanzierten Immobilien im Eigentum des Bundes bei einem

etwaigen Verkauf dar. Die Kofinanzierungen werden gleichzeitig auch unter den langfristigen Finanzanlagen als Forderung gegenüber dem Bund aktiviert und über die Zeit abgeschrieben. Die 6.2 Mio. sind die Anteile der von Dritten finanzierten Bauleistungen für NEST.

22 Laufende Verbindlichkeiten

TCHF	31.12.2016	31.12.2015	Veränderung absolut	Veränderung %
Verbindlichkeiten aus Lieferungen und Leistungen	1 777	1 890	-113	-6%
Verbindlichkeiten gegenüber Sozialversicherungen	2 358	1 681	677	40%
Übrige laufende Verbindlichkeiten	2 217	2 667	-449	-17%
Total Laufende Verbindlichkeiten	6 353	6 237	115	2%

Die Rechnungen der Sozialversicherungspartner wird im Abschluss entweder direkt in den Verbindlichkeiten gegenüber Sozialversicherungen verbucht oder falls sie noch nicht vorliegen entsprechend in den transitorischen Posten abgegrenzt.

23 Finanzverbindlichkeiten

Es bestehen keine monetären Verbindlichkeiten, die aus Finanzierungstätigkeiten stammen.

Finanzierungsleasing

Es bestehen keine Leasingverträge für Liegenschaften, Einrichtungen, übrige Sachanlagen und Fahrzeuge, bei denen die Empa alle mit dem Eigentum verbundenen Risiken und Chancen übernimmt.

24 Passive Rechnungsabgrenzungen

TCHF	31.12.2016	31.12.2015	Veränderung absolut	Veränderung %
Zinsen	–	–	–	0%
Übrige passive Rechnungsabgrenzungen	7 125	7 632	–507	–7%
Total Passive Rechnungsabgrenzungen	7 125	7 632	–507	–7%

In den übrigen passiven Rechnungsabgrenzungen sind auch die Ertragsabgrenzungen von 5.2 Mio. für Verträge gemäss IPSAS 9 (z.B. Auftragsforschung, wissenschaftliche Dienstleistungen) enthalten (VJ: 5.9 Mio.).

25 Rückstellungen

Überblick

TCHF	31.12.2016	31.12.2015	Veränderung absolut	Veränderung %
Mehrleistungen des Personals (Ferien, Überzeit)	5 910	5 940	–30	–1%
Andere fällige Leistungen nach IPSAS 25	4 485	4 537	–52	–1%
Rückbauten	–	0	–	0%
Bürgschaften, Garantien	–	0	–	0%
Rechtsfälle	20	20	–	0%
Andere Rückstellungen	303	294	9	3%
Total Rückstellungen	10 718	10 791	–74	–1%

Herleitung 2016

TCHF	Mehrleistungen des Personals (Ferien, Überzeit)	Andere fällige Leistungen nach IPSAS 25	Rückbauten	Bürgschaften, Garantien	Rechtsfälle	Andere Rückstellungen	Total Rückstellungen
per 1.1.2016	5 940	4 537	–	–	20	294	10 791
Bildung	–	–	–	–	–	242	242
Auflösung	–	–52	–	–	–	–76	–128
Verwendung	–30	–	–	–	–	–157	–187
Umgliederungen	–	–	–	–	–	–	–
Anstieg des Barwerts	–	–	–	–	–	–	–
per 31.12.2016	5 910	4 485	–	–	20	303	10 718
davon kurzfristig	5 910	–	–	–	20	66	5 996
davon langfristig	–	4 485	–	–	–	237	4 722
per 1.1.2015	5 800	4 575	–	–	–	115	10 490
Bildung	140	–	–	–	20	194	354
Auflösung	–	–38	–	–	–	–	–38
Verwendung	–	–	–	–	–	–15	–15
Umgliederungen	–	–	–	–	–	–	–
Anstieg des Barwerts	–	–	–	–	–	–	–
per 31.12.2015	5 940	4 537	–	–	20	294	10 791
davon kurzfristig	5 940	–	–	–	20	245	6 205
davon langfristig	–	4 537	–	–	–	49	4 586

Die Rückstellungen für noch nicht bezogene Ferien und Überzeitschädigungen der Mitarbeitenden in der Höhe von 5.9 Mio. sowie auch die restlichen Rückstellungen sind in etwa auf dem Vorjahresniveau und konnten geringfügig reduziert werden.

26 Nettovorsorgeverpflichtungen

Im Vorsorgewerk ETH-Bereich bei PUBLICA werden drei Vorsorgepläne für die Mitarbeitenden und ein Vorsorgeplan für die Professoren geführt. Die Zuteilung der Mitarbeitenden in einen Vorsorgeplan erfolgt über die Zugehörigkeit zu einem Lohnband. Nach IPSAS 25 werden die Pläne aufgrund der reglementarischen Leistungsversprechen als leistungsorientiert («defined benefit») qualifiziert.

Der regulatorische Deckungsgrad des Vorsorgewerks ETH-Bereich bei PUBLICA nach BVV 2 betrug per Ende Jahr 103,2% (VJ: 100,5%). Der ökonomische Deckungsgrad des Vorsorgewerks ETH-Bereich bei PUBLICA betrug per Ende Jahr 84,5% (VJ: 2015: 72,7%).

Im Jahr 2016 fand keine Planänderung statt.

TCHF	31.12.2016	31.12.2015
Barwert der kapitalgedeckten Vorsorgeverpflichtungen	-593 114	-552 756
Vorsorgevermögen zu Marktwerten	428 445	415 074
Über- (+)/Unterdeckung (-)	-164 669	-137 682
Barwert der nicht kapitalgedeckten Vorsorgeverpflichtungen	-	-
Nettovorsorgeverpflichtungen	-164 669	-137 682

Die Zunahme der Nettovorsorgeverpflichtung ist v. a. auf die Bewertung der Verpflichtungen mit einem tieferen Diskontierungszinssatz sowie der Wechsel auf Generationentafeln (demografische Annahmen) zurückzuführen.

Vorsorgeaufwand

TCHF	2016	2015
Laufender Dienstzeitaufwand des Arbeitgebers	13 533	13 103
Zinsaufwand	2 202	4 143
Erwarteter Ertrag aus Vorsorgevermögen	- 11 314	- 12 788
Erfasster Nettogewinn der langfristigen Mitarbeiterleistungen	-	-
Nachzuverrechnender Dienstzeitaufwand	-	-
Vorsorgeaufwand	4 421	4 458

Der Nettovorsorgeaufwand des Arbeitgebers setzt sich zusammen aus dem Dienstzeitaufwand des Arbeitgebers und dem Zinsaufwand auf den Vorsorgeverpflichtungen abzüglich der erwarteten Rendite auf dem Vorsorgevermögen. Allfällige Ereignisse wie Plankürzungen und Planabgeltungen müssen zusätzlich berücksichtigt werden. Der Nettovorsorgeaufwand der Empa für das Jahr 2016 beträgt 4.4 Mio. (VJ: 4.5 Mio.). Für das nächste Jahr wird ein Nettovorsorgeaufwand von 8.3 Mio. CHF erwartet.

Im Berichtsjahr wurde eine Einmaleinlage im Betrag von 3.5 Mio. CHF vom ETH-Rat an das Vorsorgewerk ETH-Bereich übertragen. Dieser Betrag wurde anteilmässig für die Empa (0.2 Mio.) als Arbeitgeberbeitrag im aktuarischen Bericht berücksichtigt und führt zu einer Differenz zum effektiv verbuchten Nettovorsorgeaufwand, da buchhalterisch keine interne Weiterverrechnung vorgenommen werden kann.

Die Arbeitgeberbeiträge sind reglementarisch festgelegt, wobei die Sparbeiträge nach Alter gestaffelt sind und mit zunehmendem Alter steigen. Gemäss den Bewertungsmethoden von IPSAS 25 wird der Dienstzeitaufwand so berechnet, dass die Finanzierung der Vorsorgeverpflichtung gleichmässig über die gesamte Beschäftigungsdauer verteilt wird. Dies kann zu Differenzen zwischen den Arbeitgeberbeiträgen und dem Dienstzeitaufwand des Arbeitgebers führen. Die bezahlten Arbeitgeberbeiträge betragen im Jahr 2016 11 Mio. (VJ: 11 Mio.) und beinhalten für das Jahr 2016 eine Einmaleinlage in der Höhe von 0.2 Mio. Der Dienstzeitaufwand des Arbeitgebers beläuft sich auf 13.5 Mio. (VJ: 13.1 Mio.). Der höhere laufende Dienstzeitaufwand erklärt sich durch die Bewertungsmethode gemäss IPSAS 25 aufgrund des aktuellen Versichertenbestands und den verwendeten versicherungsmathematischen Annahmen. Die geschätzten Arbeitgeberbeiträge für das Jahr 2016 betragen 10.6 Mio.

Entwicklung des Barwerts der Vorsorgeverpflichtungen

TCHF	2016	2015
Barwert der Vorsorgeverpflichtungen per 01.01.	552 756	532 543
Nachzuerrechnender Dienstzeitaufwand	–	–
Laufender Dienstzeitaufwand des Arbeitgebers	13 533	13 103
Zinsaufwand	2 202	4 143
Arbeitnehmerbeiträge	6 020	5 910
Ausbezahlte Leistungen	–24 295	–22 534
Gewinne (–)/Verluste (+) aufgrund erfahrungsbedingter Anpassung	6 294	2 744
Gewinne (–)/Verluste (+) aufgrund veränderter Annahmen	36 604	16 847
Barwert der Vorsorgeverpflichtung per 31.12.	593 114	552 756

Entwicklung des Vorsorgevermögens

TCHF	2016	2015
Vorsorgevermögen zu Marktwerten per 01.01.	415 074	432 534
Arbeitgeberbeiträge	10 996	10 974
Arbeitnehmerbeiträge	6 020	5 910
Ausbezahlte Leistungen	–24 295	–22 534
Erwarteter Ertrag aus Vorsorgevermögen	11 314	12 788
Versicherungsmathematische Gewinne (+)/Verluste (–) auf dem Vorsorgevermögen	9 336	–24 598
Vorsorgevermögen zu Marktwerten per 31.12.	428 445	415 074

Sofort gegen Eigenkapital zu erfassende Beträge

TCHF	31.12.2016	31.12.2015
Gewinne (-)/Verluste (+) auf Vorsorgeverpflichtungen aufgrund veränderter Annahmen	36 604	16 847
Erfahrungsbedingte Anpassungen auf Vorsorgeverpflichtungen	6 294	2 744
Versicherungsmathematische Gewinne (-)/Verluste (+) auf dem Vorsorgevermögen	-9 336	24 598
Anpassungen Eröffnungsbilanz	-	-
Auswirkung der Limite in §69(b)	-	-
Gegen Eigenkapital zu erfassender Betrag	33 562	44 189
Kumulierter Betrag der gegen das Eigenkapital erfassten Gewinne (-)/Verluste (+)	112 381	78 819

Die im Eigenkapital erfassten Beträge betragen im Jahr 2016 33.6 Mio. (VJ: 44.2 Mio.). Dies ergibt ein total aufgelaufener Betrag per 31. Dezember 2016 von 112.4 Mio. CHF (VJ: 78.8 Mio. CHF).

Hauptkategorien des Vorsorgevermögens

TCHF	31.12.2016	31.12.2015
Flüssige Mittel	2.4%	2.24%
Aktien	29.9%	30.44%
Obligationen	60.4%	58.21%
Hypotheken	0.4%	0.46%
Immobilien	5.0%	5.00%
Rohstoffe	2.0%	3.65%
Total	100.00%	100.00%

Es sind keine Vermögensanlagen des Vorsorgewerks ETH-Bereich beim Arbeitgeber und vom Arbeitgeber genutzte Immobilien des Vorsorgewerks bekannt. Die erwartete Rendite wurde aufgrund der Allokation des Vermögens des Vorsorgewerks ETH-Bereich bestimmt.

Tatsächlicher Ertrag aus Vorsorgevermögen

TCHF	2016	2015
Erwarteter Ertrag aus Vorsorgevermögen	11 314	12 788
Versicherungsmathematische Gewinne (+)/Verluste (-) auf dem Vorsorgevermögen	9 336	-24 598
Tatsächlicher Ertrag aus Vorsorgevermögen	20 650	-11 810

Der Barwert der leistungsorientierten Verpflichtung (Defined Benefit Obligation) wird jährlich von unabhängigen Aktuaren mittels der Projected-Unit-Credit-Methode bestimmt. Dafür sind versicherungstechnische Annahmen notwendig. Der Diskontierungszinssatz von 0,2% wurde aufgrund der Bundesobligationen bestimmt.

Wichtigste zum Abschlussstichtag verwendete versicherungsmathematische Annahmen

TCHF	2016	2015
Diskontierungszinssatz	0.20%	0.40%
Konsumentenpreisinfation	0.50%	0.60%
Erwartete Lohnentwicklung	0.90%	0.90%
Erwartete Rentenerhöhungen	0.00%	0.00%
Erwartete Rendite des Vorsorgevermögens	2.00%	2.75%

Versicherungstechnische Annahmen für die Aufwandsberechnung des Jahres

TCHF	2016	2015
Diskontierungszinssatz	0.40%	0.80%
Konsumentenpreisinflation	0.60%	0.80%
Erwartete Lohnentwicklung	0.90%	1.15%
Erwartete Rentenerhöhungen	0.00%	0.10%
Erwartete Rendite des Vorsorgevermögens	2.75%	3.00%

Historische Daten für Vorsorgevermögen, Vorsorgeverpflichtungen, Über (+)/Unterdeckung (-) und erfahrungsbedingte Anpassungen

TCHF	2016	2015	2014	2013
Vorsorgevermögen zu Marktwerten per 31.12.	428 445	415 074	432 534	413 356
Barwert der kapitalgedeckten Vorsorgeverpflichtungen per 31.12.	-593 114	-552 756	-532 543	-483 381
Über- (+)/Unterdeckung (-)	-164 669	-137 682	-100 009	-70 025
Barwert der nicht kapitalgedeckten Vorsorgeverpflichtungen	-	-	-	-
Erfahrungsbedingte Anpassungen auf Vorsorgevermögen	9 336	-24 598	8 966	-
Erfahrungsbedingte Anpassungen auf Vorsorgeverpflichtungen	-6 294	-2 744	1 082	-

27 Zweckgebundene Drittmittel

TCHF	31.12.2016	31.12.2015	Veränderung absolut	Veränderung %
Forschungsbeiträge Schweizerischer Nationalfonds (SNF)	14 688	14 983	-295	-2%
Forschungsbeiträge Kommission für Technologie und Innovation (KTI)	14 951	11 602	3 348	29%
Forschungsbeiträge Europäische Union (EU)	13 907	9 959	3 948	40%
Forschungsbeiträge Bund (Ressortforschung)	18 418	15 987	2 431	15%
Forschungsbeiträge Wirtschaftsorientierte Forschung (Privatwirtschaft)	1 211	3 865	-2 654	-69%
Forschungsbeiträge übrige projektorientierte Drittmittel	301	11 191	-10 890	-97%
Schenkungen und Legate	-	-	-	0%
Total Zweckgebundene Drittmittel	63 476	67 588	-4 112	-6%

Die Leistungsverpflichtungen der Empa für Forschungsprojekte (IPSAS 23; z.B. Forschungsbeiträge) werden zweckgebunden im langfristigen Fremdkapital aufgeführt. Diese Verpflichtungen haben um 4.1 Mio. abgenommen und belaufen sich auf 63.5 Mio. Die Reduktion von 10.9 Mio. bei den übrigen projektorientierten Drittmittel ist vor allem auf die erbrachten Leistungen für das Projekt NEST zurückzuführen. Vom SBFI finanzierte Verbundprojekte im Rahmen von Horizon 2020 sind in den Leistungsverpflichtungen aus Forschungsbeiträgen der Europäischen Union mit 7.3 Mio. (VJ: 5.6 Mio.) enthalten.

28 Eventualverbindlichkeiten und Eventualforderungen

Eventualverbindlichkeiten

Im Berichtsjahr bestehen keine Eventualverbindlichkeiten (Bürgschaften, Garantien, Rechtsfälle, Übrige), welche die Wesentlichkeitsgrenze für die Offenlegung von 0.5 Mio. übersteigen.

Eventualforderungen

Es bestehen keine Eventualforderungen.

29 Finanzielle Zusagen

TCHF	31.12.2016	31.12.2015	Veränderung absolut	Veränderung %
Finanzielle Zusagen bis 1 Jahr	1 873	–	1 873	0%
Finanzielle Zusagen zwischen 1 und 5 Jahre	54	–	54	0%
Finanzielle Zusagen grösser als 5 Jahre	–	–	–	0%
Ohne Fälligkeit/unbestimmt	–	–	–	0%
Total finanzielle Zusagen	1 927	–	1 927	0%

Bei finanziellen Zusagen handelt es sich um Verpflichtungen gegenüber Dritten, die im Moment noch nicht existieren (keine gegenwärtige Verpflichtung, present obligation im Sinne von IPSAS 19), aber in Zukunft sicher eintreten werden.

Es handelt sich dabei vor allem um bereits in 2016 getätigte Bestellungen u.a. für Versicherungsleistungen, Material- und Gerätebeschaffungen. Im Vorjahr wurden die Investitionsver-

pflichtungen als finanzielle Zusagen direkt als Umbuchung (3 Mio.) in die zweckgebundene Reserve für Lehre und Forschung verbucht.

Es bestehen keine weiteren gegenwärtigen Verpflichtungen (present obligation im Sinne von IPSAS 19), die in Zukunft sicher eintreten werden.

30 Operatives Leasing

TCHF	2016	2015	Veränderung absolut	Veränderung %
Fälligkeiten				
Fälligkeiten bis 1 Jahr	1 624	1 654	-30	-2%
Fälligkeiten von 1 bis 5 Jahren	4 363	4 442	-79	-2%
Fälligkeiten von mehr als 5 Jahren	800	1 867	-1 067	-57%
Künftige Mindestleasingzahlungen aus unkündbarem operativem Leasing per 31.12.	6 787	7 963	-1 176	-15%
Leasingaufwand				
Mindestleasingzahlungen	1 688	1 728	-39	-2%
Bedingte Mietzahlungen	-	-	-	0%
Zahlungen aus Untermietverhältnissen	-	-	-	0%
Leasingaufwand der Periode	1 688	1 728	-39	-2%
Zusätzliche Informationen				
Zukünftige Erträge aus Untermieten (aus unkündbaren Mietverträgen)	-	-	-	0%

Bei der Empa existiert ein langfristiger Mietvertrag mit solidarischer Haftung der Eawag für das Guesthouse bis 2022 mit einem Volumen von 6.1 Mio. Die Jahresmiete beträgt 1 Mio. Ein weiterer Vertrag besteht für den Standort Empa Thun, der jährlich kündbar ist. Die Jahresmiete ist mit 0.4 Mio. ebenfalls im Mietaufwand erfasst.

31 Vergütungen an Schlüsselpersonen des Managements

TCHF	2016	2015	Veränderung absolut	Veränderung %
Schulleitung und Direktion	1 798	1 597	200	13%

Vollzeitstellen	2016	2015	Veränderung absolut	Veränderung %
Schulleitung und Direktion	6	6	-	0%

Die Schlüsselpersonen des Managements umfassen alle Mitglieder der Direktion der Empa. Die Erhöhung im Vorjahresvergleich ist vor allem darauf zurückzuführen, dass ein Mit-

glied der Direktion erst unterjährig in die Direktion gewählt wurde und somit in 2015 nur pro-rata in den Vergütungen enthalten ist.

32 Ereignisse nach dem Bilanzstichtag

Die Rechnung der Empa wurde von der Direktion am 14. März 2017 genehmigt. Bis zu diesem Datum sind keine wesentlichen Ereignisse eingetreten, die eine Offenlegung im Rahmen der

Rechnung der Empa per 31. Dezember 2016 oder deren Anpassung erforderlich gemacht hätten.

Bericht der Revisionsstelle an den Direktor der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Dübendorf

Bericht der Revisionsstelle zur Jahresrechnung

Gestützt auf Artikel 35abis des Bundesgesetzes über die Eidgenössischen Technischen Hochschulen (SR 414.110) haben wir als Revisionsstelle die Jahresrechnung der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), bestehend aus Bilanz, Erfolgsrechnung, Geldflussrechnung, Eigenkapitalnachweis und Anhang (Seiten 124 bis 172) für das am 31. Dezember 2016 abgeschlossene Geschäftsjahr geprüft.

Verantwortung der Geschäftsleitung der Empa

Die Geschäftsleitung der Empa ist für die Aufstellung der Jahresrechnung in Übereinstimmung mit den gesetzlichen Vorschriften (Verordnung über den ETH-Bereich, SR 414.110.3; Verordnung über das Finanz- und Rechnungswesen des ETH-Bereichs, SR 414.123; Rechnungslegungshandbuch für den ETH-Bereich, das sich auf die Verordnung SR 414.123 stützt, insbesondere Art. 4) verantwortlich. Diese Verantwortung beinhaltet die Ausgestaltung, Implementierung und Aufrechterhaltung eines internen Kontrollsystems mit Bezug auf die Aufstellung einer Jahresrechnung, die frei von wesentlichen falschen Angaben als Folge von Verstössen oder Irrtümern ist. Darüber hinaus ist die Geschäftsleitung der Empa für die Auswahl und die Anwendung sachgemässer Rechnungslegungsmethoden sowie die Vornahme angemessener Schätzungen verantwortlich.

Verantwortung der Revisionsstelle

Unsere Verantwortung ist es, aufgrund unserer Prüfung ein Prüfungsurteil über die Jahresrechnung abzugeben. Wir haben unsere Prüfung in Übereinstimmung mit dem schweizerischen Gesetz und den Schweizer Prüfungsstandards vorgenommen. Nach diesen Standards haben wir die Prüfung so zu planen und durchzuführen, dass wir hinreichende Sicherheit gewinnen, ob die Jahresrechnung frei von wesentlichen falschen Angaben ist.

Eine Prüfung beinhaltet die Durchführung von Prüfungshandlungen zur Erlangung von Prüfungsnachweisen für die in der Jahresrechnung enthaltenen Wertansätze und sonstigen Angaben. Die Auswahl der Prüfungshandlungen liegt im pflichtgemässen Ermessen des Prüfers. Dies schliesst eine Beurteilung der Risiken wesentlicher falscher Angaben in der Jahresrechnung als Folge von Verstössen oder Irrtümern ein. Bei der Beurteilung dieser Risiken berücksichtigt der Prüfer das interne Kontrollsystem, soweit es für die Aufstellung der Jahresrechnung von Bedeutung ist, um die den Umständen entsprechenden Prüfungshandlungen festzulegen, nicht aber um ein Prüfungsurteil über die Wirksamkeit des internen Kontrollsystems abzugeben. Die Prüfung umfasst zudem die Beurteilung der Angemessenheit der angewandten Rechnungslegungsmethoden, der Plausibilität der vorgenommenen Schätzungen sowie eine Würdigung der Gesamtdarstellung der Jahresrechnung. Wir sind der Auffassung, dass die von uns erlangten Prüfungsnachweise eine ausreichende und angemessene Grundlage für unser Prüfungsurteil bilden.

Prüfungsurteil

Nach unserer Beurteilung entspricht die Jahresrechnung der Empa für das am 31. Dezember 2016 abgeschlossene Geschäftsjahr den gesetzlichen Vorschriften und dem Handbuch zur Rechnungslegung im ETH-Bereich. Wir empfehlen, die vorliegende Jahresrechnung zu genehmigen.

Berichterstattung aufgrund weiterer Anforderungen

Die Eidgenössische Finanzkontrolle ist gestützt auf das Finanzkontrollgesetz (SR 614.0) unabhängig und es liegen keine mit ihrer Unabhängigkeit nicht vereinbaren Sachverhalte vor. In Übereinstimmung mit dem Finanzkontrollgesetz und dem Schweizer Prüfungsstandard 890 bestätigen wir, dass ein gemäss den Vorgaben des ETH-Rats ausgestaltetes internes Kontrollsystem für die Aufstellung der Jahresrechnung existiert.

In Übereinstimmung mit Art. 21 Abs. 2 der Verordnung über das Finanz- und Rechnungswesen des ETH-Bereichs bestätigen wir, dass keine Widersprüche zwischen dem Personalreporting im Geschäftsbericht (Lagebericht) und der Jahresrechnung bestehen und dass keine Widersprüche zwischen den Finanzzahlen im Geschäftsbericht (Lagebericht) und der Jahresrechnung bestehen.

Ferner bestätigen wir in Übereinstimmung mit Art. 21 Abs. 2 der Verordnung über das Finanz- und Rechnungswesen des ETH-Bereichs, dass ein gemäss den Vorgaben des ETH-Rats ausgestaltetes Risikomanagement adäquat durchgeführt wurde.

Bern, 3. März 2017

EIDGENÖSSISCHE FINANZKONTROLLE

Regula Durrer
Zugelassene
Revisionsexpertin

David Ingen Housz
Zugelassener
Revisionsexperte

Empa – The Place where Innovation Starts

Empa
www.empa.ch

CH-8600 Dübendorf
Überlandstrasse 129
Telefon +41 58 765 11 11
Telefax +41 58 765 11 22

CH-9014 St. Gallen
Lerchenfeldstrasse 5
Telefon +41 58 765 74 74
Telefax +41 58 765 74 99

CH-3602 Thun
Feuerwerkerstrasse 39
Telefon +41 58 765 11 33
Telefax +41 58 765 69 90



Empa

Materials Science and Technology