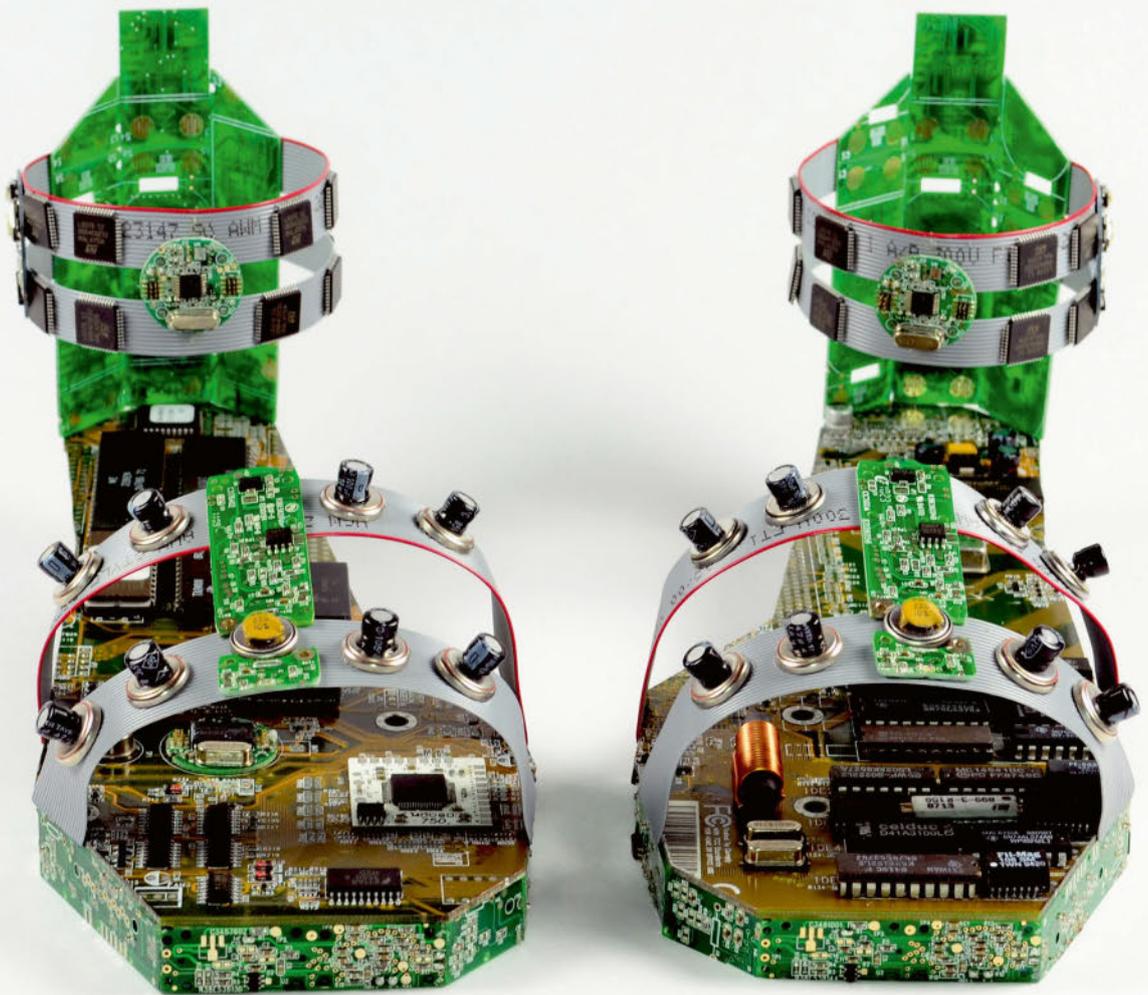


Empa Quarterly

Forschung & Innovation #60 | April 18



Ich war ein Computer

Urban Mining
& Recycling

Empa-Spin-off
jagt Treibhausgase

Wasserstofftechnik am
Automobilsalon Genf



Empa

Materials Science and Technology



MICHAEL HAGMANN Leiter Kommunikation

Des einen Abfall, des anderen Glück

Liebe Leserin, lieber Leser

Kaufen, benutzen, wegwerfen. Eventueller Zwischenschritt: jahrelanges Zwischenlagern in irgendeiner Schublade, weil man das ausrangierte Handy, den in die Jahre gekommenen PC, den ans Herz gewachsenen iPod dann doch nicht gleich «entsorgen» möchte. Die Produktzyklen werden immer kürzer, und unser Konsumverhalten, das sich ihnen sklavisch angepasst hat, immer fragwürdiger. So wachsen die Müllberge weltweit in den Himmel, und zugleich werden einige Rohstoffe langsam knapp – darunter gerade diejenigen, die man für unsere geliebten Hightech-Gadgets so dringend braucht: Kobalt, Indium, Neodym.

Die – oder zumindest eine – Lösung des Problems liegt in geschlossenen Materialkreisläufen: Alles wird immer wieder rezykliert, in Einzelteile zerlegt, in neue Form gebracht, dadurch aufgewertet und wieder genutzt. Darum dreht sich der Fokus dieser EmpaQuarterly-Ausgabe. Ob im Baubereich oder beim Elektroschrott – die Stoffe, die in der «urbanen Mine» schlummern, sind schlicht zu wertvoll zum Wegwerfen.

Einen ästhetisch ansprechenden Zugang zu diesem Problem hat der US-amerikanische Künstler Steven Rodrig gefunden; der umweltbewusste «Computer-Geek» hat sich in die Schönheit von ausrangierten Computerplatinen verliebt und kreierte daraus beeindruckende – und zum Nachdenken anregende – Skulpturen. «Es erschien mir eine riesige Verschwendung, diese individuell perfekten Werkstücke einfach wegzuwerfen», erklärt Rodrig die Motivation hinter seiner Kunst, die man auf seiner Website pcbcreations.com anschauen kann.

In diesem Sinne: vielleicht nicht gleich alles entsorgen, was nicht mehr der letzte Schrei ist, aber noch immer tadellos funktioniert. Und wenn es dann doch weg muss – auf jeden Fall in die Wertstoffsammlung, nicht in den Kehrriech.

Eine spannende Lektüre, und bis zur nächsten Ausgabe!



Fokus

Kreislauf der Dinge

- 04** Recycling mit System
Baustoffe, Autos, Elektronik, Batterien
- 06** Leben im Materialdepot
NEST-Unit «Urban Mining & Recycling»
- 11** Städtische Bodenschätze
Wie man ressourcenschonend baut
- 12** Grafik: Choreografie der Stoffkreisläufe
Recycling-Wissenschaft auf einen Blick
- 14** Urbane Mine Europa
Das ProSUM-Projekt untersucht Materialflüsse in 30 Ländern
- 16** Spuren im Schrott
Wie Empa-Analysiker systematisch nach Wertstoffen suchen
- 18** «Forschung soll man geniessen»
Matthias Koebel und seine Vision vom Aerogel
- 20** Neun auf einen Streich
Das Empa Spin-off «MIRO Analytical Technologies»
- 21** Cofund – EU kofinanziert junge Wissenschaftler
20 Postdocs beginnen ihre Forschungsarbeit
- 22** Tankstelle der Zukunft am Automobilsalon Genf
Wasserstoffherstellung aus temporär überschüssigem Ökostrom



Titelbild

«Data Sandal» nennt sich die Skulptur, die der New-Yorker Künstler Steven Rodrig aus gebrauchten Computerplatinen formt. Abdruck mit freundlicher Genehmigung von Steven Rodrig, www.pcbcreations.com.

Impressum

Herausgeberin Empa, Überlandstrasse 129, 8600 Dübendorf, Schweiz, www.empa.ch /
Redaktion & Gestaltung Abteilung Kommunikation /
Tel. +41 58 765 47 33 empaquarterly@empa.ch,
www.empaquarterly.ch // Erscheint viermal jährlich
Anzeigenmarketing rainer.klose@empa.ch
ISSN 2297-7406 EmpaQuarterly (deutsche Ausg.)



Empa Social Media





Recycling mit System

Heutige Industriegesellschaften bieten ihren Bewohnern Komfort und Behaglichkeit, Jobs und Freizeitgestaltung sowie eine funktionierende Infrastruktur. Zugleich verwandelt sich der moderne Lebensraum in ein Warenlager voller teurer und industriell begehrter Rohstoffe. Doch wie gross ist der Ressourcenberg, auf dem wir leben? Welche Materieströme lassen ihn wachsen? Wo liesse sich Wertvolles abzwacken und wiederverwerten? In diesem Heft stellen wir Ihnen zwei Projekte vor, die diese Fragen beantworten helfen.

TEXT: Rainer Klose / BILD: Empa

Im ProSUM-Projekt, das drei Jahre lang vom Forschungsprogramm «Horizon 2020» der EU gefördert und Anfang 2018 abgeschlossen wurde, haben Forschende aus 30 Ländern eine öffentliche Datenbank aufgebaut, die Auskunft über die Flüsse und Lager von kritischen Rohstoffen in der europäischen «urbanen Mine» gibt. Damit steht zum ersten Mal überhaupt eine umfassende und leicht zugängliche Datengrundlage für eine ganze Weltregion zur Verfügung. Die Empa war daran massgeblich beteiligt. S.14

Das andere Projekt, eine Unit im Forschungsgebäude NEST, ist der Versuch, eine voll rezyklierbare Wohneinheit zu entwerfen, die bereits aus rezyklierten Materialien zusammengesetzt ist. Leben im Materiallager für die nächste Generation – konsequent durchgedacht und realisiert. Das Ergebnis ist ein ausserordentlich stylisches Apartment für zwei Personen, die NEST-Besucher seit Anfang Jahr in Staunen versetzt. S.06

Leben im Materialdepot

Ein Wohnmodul, das sortenrein aus wiederverwendbaren, wiederverwertbaren oder kompostierbaren Materialien konstruiert ist: An dieser Prämisse orientiert sich die neueste Unit «Urban Mining & Recycling» im NEST. Ab Mai wird sie zwei Studierenden ein Zuhause bieten – und zugleich als belebtes Labor für Kreislaufwirtschaft dienen.

TEXT: Stephan Kälin / BILDER: Wojciech Zawarski, Gian Vaitl, Zoëy Braun, Rene Müller, Felix Heisel

Knapper werdende Ressourcen und der daraus abgeleitete Wunsch, der heutigen Wegwerfmentalität den Rücken zu kehren, führen dazu, dass sich die Baubranche vermehrt Gedanken über die Mehrfachnutzung und Rezyklierbarkeit von Materialien sowie über alternative Konstruktionsmethoden machen muss. Die neueste NEST-Unit «Urban Mining & Recycling» setzt diese Gedanken konsequent um: Entstanden ist ein Wohnmodul, dessen Strukturen und Materialien nach dem Rückbau vollständig und sortenrein wieder- oder weiterverwendet, rezykliert oder kompostiert werden können. Das Konzept dazu stammt von Werner Sobek, Dirk E. Hebel und Felix Heisel. Werner Sobek ist Leiter des Instituts für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren der Universität Stuttgart und Gründer der gleichnamigen Unternehmensgruppe. Dirk E. Hebel ist Leiter und Felix Heisel Forschungsverantwortlicher des Fachgebiets Nachhaltiges Bauen am KIT Karlsruhe und des Future Cities Laboratory am Singapore-ETH Centre. «Das nach wie vor anhaltende Wachstum der Weltbevölkerung sowie zur Neige gehende Ressourcen erfordern dringend ein Umdenken im Bauwesen», so Werner Sobek. «Wir müssen künftig mit sehr viel weniger Materialien für sehr viel mehr Menschen bauen.»

Eine zentrale Rolle auf dem Weg zu einer nachhaltigeren Bauwirtschaft spielt deshalb der Kreislaufgedanke: «Die verwendeten Materialien werden nicht verbraucht und dann entsorgt; sie sind vielmehr für eine bestimmte Zeit aus ihrem Kreislauf entnommen und werden später wieder in diesen zurückgeführt», erklärt Dirk E. Hebel das Konzept. In der NEST-Unit «Urban Mining & Recycling» kommen entsprechend verschiedenste, seriell verarbeitete Bauelemente zum Einsatz, deren unterschiedliche Materialien sortenrein und rückstandsfrei in ihre jeweiligen Stoffkreisläufe zurückgeführt werden können. Unter anderem werden neuartige Dämmplatten aus Pilz-Myzelium, innovative Recyclingsteine, wiederverwertete Isolationsmaterialien sowie geleaste Teppichböden verwendet.

Reversible Materialverbindungen für sortenreine Trennung

Das Tragwerk und grosse Teile der Fassade bestehen aus unbehandeltem Holz. «Hier liegt die Innovation in den Verbindungen», erklärt Felix Heisel vom KIT. «Sämtliche Verbindungen können einfach rückgängig gemacht werden, weil die Materialien beispielsweise nicht verklebt, sondern gesteckt, verschränkt oder verschraubt sind.» Das eingesetzte Holz wird zudem so verwendet, dass eine sonst übliche chemische Behandlung nicht nötig ist und damit die sortenreine Wiederverwertung oder eine rein biologische Kompostierung möglich wird. Zusätzlich zum Holz besteht die Einfassung der Fassade aus wiederverwendeten Kupferplatten, die zuvor das Dach eines Hotels in Österreich deckten beziehungsweise aus Platten aus eingeschmolzenem, wiederverwertetem Kupfer. Die komplette Unit wurde im Werk vorfabriziert und innerhalb eines Tages ins Forschungsgebäude auf dem Empa-Campus in Dübendorf eingebaut. In Kürze werden zwei Studierende in die Dreizimmerwohnung einziehen und sich mit den beteiligten Forschern regelmässig über ihre Alltagserfahrungen austauschen. «Mit der Umsetzung und der Demonstration des konsequenten Kreislaufkonzepts in einem realen und bewohnten Bauprojekt erhoffen wir uns natürlich, dass wir ein Umdenken im Bauwesen anstossen können», sagt Enrico Marchesi, verantwortlicher Innovation Manager im NEST. «In Zukunft sollen Gebäude nicht nur Wohn- und Arbeitsraum bieten, sondern gleichzeitig auch als Materiallager für die nächste Generation dienen.» //

Touch und Feel am
Eröffnungstag der
Unit «Urban Mining
& Recycling» am
8. Februar 2018.



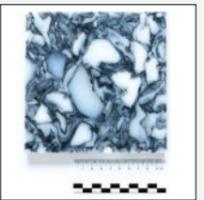
Die Unit «Urban Mining & Recycling»
steht im 2. Stock des NEST.

Materialien im «Urban Mining & Recycling»

Die Küchen-Arbeitsplatte aus Altglas: Ein bisschen wie geborstenes und wieder gefrorenes Eis auf einem See sieht die Arbeitsplatte in der Küche aus. Entstanden ist sie aus alten Glasflaschen, die einem Sinterungsprozess bei verhältnismäßig geringen Temperaturen unterzogen wurden. Die halbgeschmolzenen und weich gewordenen Scherben verbinden sich dabei ohne Zusatz von Bindemitteln zu einer einheitlichen Platte, in welcher die Formen der einzelnen Scherben noch erkennbar sind.



Marmoroptik dank alten Schneidebrettchen: Was aussieht wie Marmor, ist in Wahrheit verschiedenfarbiges sortenreines High-Density-Polyethylen aus den unterschiedlichsten Quellen. Deckel von PET-Flaschen, gebrauchte Schneidebrettchen oder ganze Küchenabdeckungen werden miteinander verschmolzen und zu Platten verarbeitet, die in der Unit als Wandverkleidung im Badezimmer zur Anwendung kommen.



Wandplatten aus Getränkekartons: Geschreddert und gepresst, bieten alte Getränkekartons einen dauerhaften und feuchtigkeitsbeständigen Plattenwerkstoff. In der Unit sind die farbigen Elemente im Einsatz als Wandpaneele und als Tischplatten.



Die Türgriffe aus dem belgischen Bankgebäude: Am einen Ort ausbauen, am anderen wieder einbauen. Die direkte Wiederverwendung ist die einfachste Form, dem Kreislaufgedanken gerecht zu werden. So geschehen in der Unit «Urban Mining & Recycling»: Die Türgriffe in der Unit sind Designerstücke aus den 70er-Jahren und stammen aus dem Brüsseler Hauptquartier der Générale de banque.



«Salami»- und «Nougat»-Backsteine aus Bauschutt: Wird heute ein bestehendes Gebäude abgerissen, entsteht zu einem grossen Teil mineralischer Bauschutt. Daraus lassen sich neue Backsteine «backen», die je nach Ausgangsmaterial eine eigene Optik haben. Marketingtechnisches Highlight sind die Namen, die der Hersteller den Steinen gibt: «Salami» ist ein rötlicher Stein mit weissen Einschlüssen, die von alten Keramik-Waschbecken herrühren. Im Wohnraum der NEST-Unit steht eine Wand aus hellen «Nougat»-Backsteinen mit dunkelbraunen Einschlüssen, die ihrerseits von ehemaligen Backsteinen abstammen.



Dämmplatte aus Pilzen: Zu den neuartigsten Baumaterialinnovationen der Unit gehören sicherlich die Pilzstrukturen. Das Wurzelwerk von Pilzen (Mycelium) wird mit einer Nahrungsquelle vermischt – in diesem Fall mit Abfall-Holzspänen – und wächst in eine vorgegebene Form hinein. Nach einigen Tagen wird das Geflecht auf 60 bis 70 Grad Celcius erhitzt, wodurch der Organismus abstirbt. Das entstandene Material eignet sich beispielsweise als Dämmplatte in einer Wand.



Die ganze Materialbibliothek und Angaben zu den herstellenden Unternehmen sind zu finden auf: www.nest-umar.net

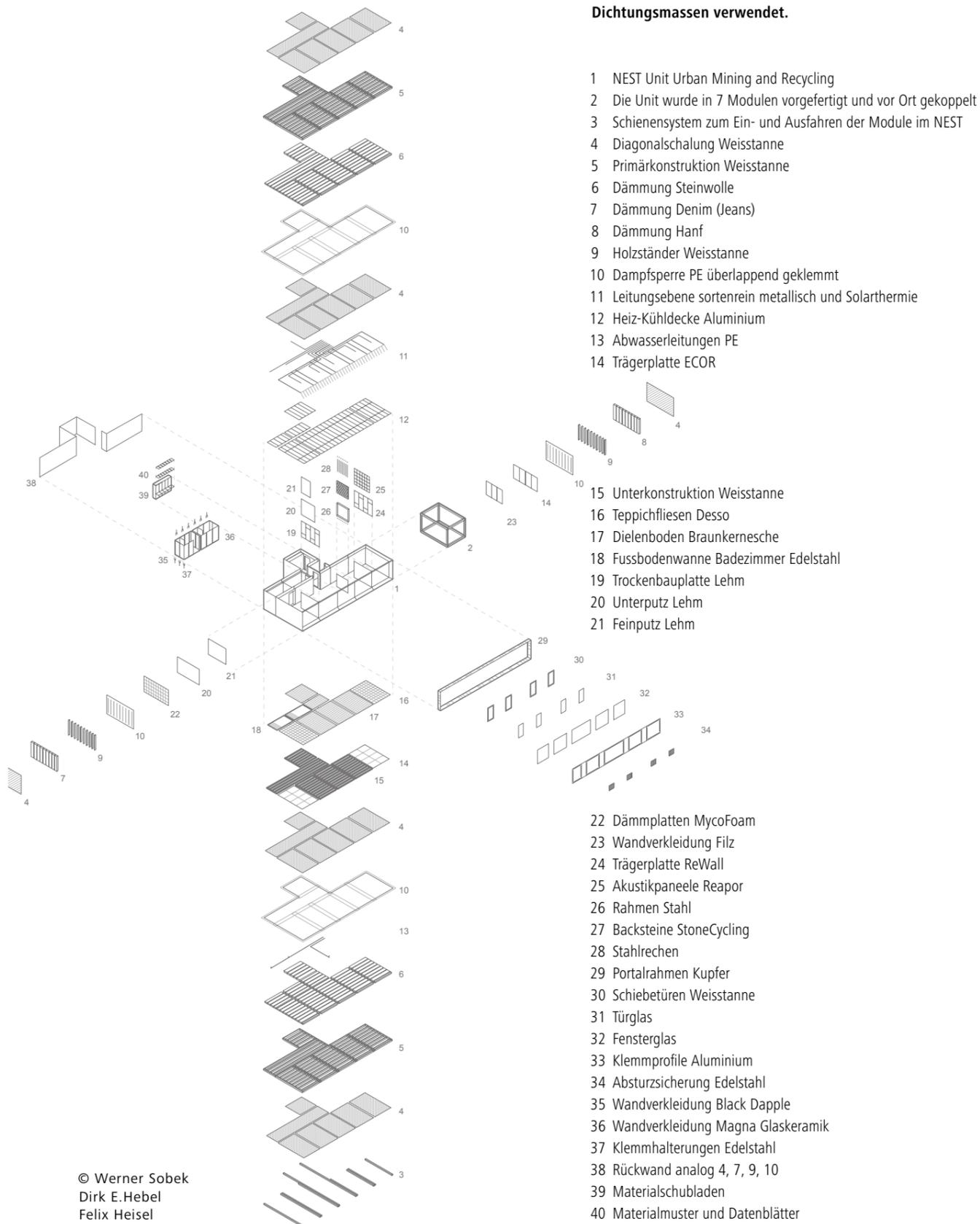
Urban Mining & Recycling Unit Der Aufbau im Detail

Die Unit besteht aus Materialien, die ineinandergesteckt, verschränkt oder verschraubt sind. Am Ende der Lebensdauer können die Bauteile leicht mechanisch getrennt und sortenrein recycelt werden. Im gesamten Aufbau wurden keinerlei Kleber und Bauschäume und keine gespritzten Dichtungsmassen verwendet.

- 1 NEST Unit Urban Mining and Recycling
- 2 Die Unit wurde in 7 Modulen vorgefertigt und vor Ort gekoppelt
- 3 Schienensystem zum Ein- und Ausfahren der Module im NEST
- 4 Diagonalschalung Weisstanne
- 5 Primärkonstruktion Weisstanne
- 6 Dämmung Steinwolle
- 7 Dämmung Denim (Jeans)
- 8 Dämmung Hanf
- 9 Holzständer Weisstanne
- 10 Dampfsperre PE überlappend geklemmt
- 11 Leitungsebene sortenrein metallisch und Solarthermie
- 12 Heiz-Kühldecke Aluminium
- 13 Abwasserleitungen PE
- 14 Trägerplatte ECOR

- 15 Unterkonstruktion Weisstanne
- 16 Teppichfliesen Desso
- 17 Dielenboden Braunkernesche
- 18 Fussbodenwanne Badezimmer Edelstahl
- 19 Trockenbauplatte Lehm
- 20 Unterputz Lehm
- 21 Feinputz Lehm

- 22 Dämmplatten MycoFoam
- 23 Wandverkleidung Filz
- 24 Trägerplatte ReWall
- 25 Akustikpaneele Reapor
- 26 Rahmen Stahl
- 27 Backsteine StoneCycling
- 28 Stahlrechen
- 29 Portalrahmen Kupfer
- 30 Schiebetüren Weisstanne
- 31 Türglas
- 32 Fensterglas
- 33 Klemmprofile Aluminium
- 34 Absturzsicherung Edelstahl
- 35 Wandverkleidung Black Dapple
- 36 Wandverkleidung Magna Glaskeramik
- 37 Klemmhalterungen Edelstahl
- 38 Rückwand analog 4, 7, 9, 10
- 39 Materialschubladen
- 40 Materialmuster und Datenblätter



Städtische Bodenschätze

Wie umweltfreundlich, energiesparend und nachhaltig ist «Urban Mining» wirklich? Efstathios Kakkos von der Empa-Abteilung «Technologie und Gesellschaft» in St. Gallen hat das neue NEST-Modul «Urban Mining & Recycling» wissenschaftlich begleitet.

TEXT: Andrea Six / BILDER Empa

Wo «bio» draufsteht, ist nicht immer «bio» drin. Das zeigen Umweltanalysen beispielsweise an Lebensmitteln. Wie nachhaltig und umweltfreundlich ein Produkt ist, lässt sich nur anhand von exakten, umfassenden Analysen ermitteln. Das gilt für Lebensmittel, aber auch für ein anderes lebensnotwendiges Gut: den Wohnraum. Die neu erstellte Unit «Urban Mining & Recycling», kurz UMAR, im Forschungs- und Innovationsgebäude NEST auf dem Empa-Campus in Dübendorf soll umweltfreundlicher, energiesparender und nachhaltiger sein als eine entsprechende Wohneinheit in traditioneller Bauweise. Wie gut diese Annahmen mit der Realität übereinstimmen, hat Efstathios Kakkos von der Abteilung «Technologie und Gesellschaft» in seiner Masterarbeit analysiert.

Innerhalb des Programms «Integrated Building Systems» der ETH Zürich analysierte Kakkos das ressourcenschonende UMAR-Wohnmodul und die darin verwendeten Materialien, Konstruktionselemente und Bauprozesse punkto Energieverbrauch, Emissionen und Umweltauswirkungen – und zwar über deren gesamten Lebenszyklus. Ein Gebäude wird so aus einer ganzheitlichen Perspektive bewertet. Als Ergebnis solcher umfassenden Analysen stehen drei schlanke Werte: der kumulierte Energiebedarf (CED, für engl. «Cumulative Energy Demand»), Umweltbelastungspunkte (UBP) und das Treibhauspotenzial (GWP, für engl. «Global Warming Potential»).

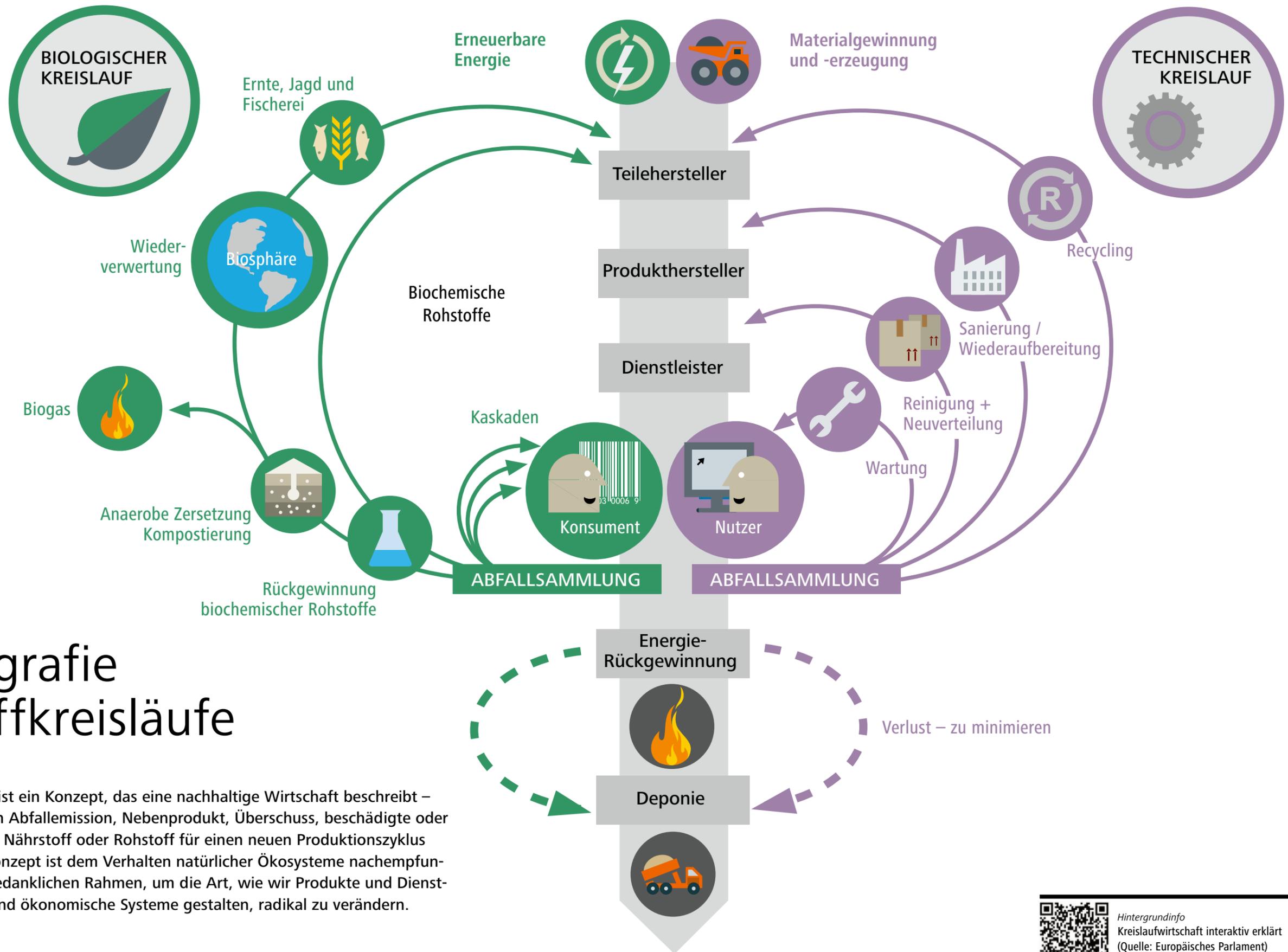
«Insgesamt zeigt die Ökobilanz, dass die UMAR-Bauelemente, die wiederverwendet, wiederverwertet oder recycelbar sind, deutlich besser abschneiden als diejenigen eines herkömmlichen Betonbaus», so Kakkos. Den grössten Einfluss auf diesen positiven Effekt haben dabei die Decken- und Bodenkonstruktionen. CED, UBP und GWP der UMAR-Unit liegen demnach 20 bis 70 Prozent unter den Werten für eine konventionelle Bauweise. Das bessere Abschneiden erklärt sich einerseits durch die Verwendung von Holz als nachwachsendem Rohstoff. Zum anderen ergeben sich günstigere Werte, da der Produktionsaufwand minimiert werden kann, wenn gebrauchte Teile wie Türklinken erneut verbaut werden.

Speziell bei der Entsorgung präsentiert sich UMAR als besonders umweltfreundlich. So sind für den Abbruch keine Abrißbirnen oder schwere Maschinen nötig; einfaches Werkzeug wie Bohrmaschine und Schraubenzieher genügen, um die Einheit zu zerlegen. Die Dekonstruktion benötigt gerade einmal drei Prozent der Energiemenge, die beim Abriss einer entsprechenden Beton-Unit nötig wäre.

«Wir haben deutliche Hinweise darauf, dass grosse Mengen an Energie eingespart und Umweltschäden vermieden werden könnten, wenn die UMAR-Bauweise künftig grossflächiger eingesetzt würde», sagt Roland Hischer, Gruppenleiter in der Abteilung «Technologie und Gesellschaft». //

Efstathios Kakkos von der Empa-Abteilung «Technologie und Gesellschaft» analysiert in seiner Masterarbeit das Ökopotenzial der UMAR-Unit.





Choreografie der Stoffkreisläufe

Die Kreislaufwirtschaft ist ein Konzept, das eine nachhaltige Wirtschaft beschreibt – eine, in der jede Art von Abfallmission, Nebenprodukt, Überschuss, beschädigte oder unerwünschte Ware als Nährstoff oder Rohstoff für einen neuen Produktionszyklus betrachtet wird. Das Konzept ist dem Verhalten natürlicher Ökosysteme nachempfunden und bietet einen gedanklichen Rahmen, um die Art, wie wir Produkte und Dienstleistungen entwerfen und ökonomische Systeme gestalten, radikal zu verändern.



Hintergrundinfo
Kreislaufwirtschaft interaktiv erklärt
(Quelle: Europäisches Parlament)

www.europarl.europa.eu/thinktank/infographics/circulareconomy/public/index.html

Urbane Mine Europa

Im Januar 2018 ging die erste europaweite Datenbank für Sekundärrohstoffe, darunter viele «kritische» Rohstoffe, online. Seither wissen wir mehr darüber, welche Rohstoffvorkommen in Autos, Batterien und Elektronikgeräten stecken, die in 28 EU-Ländern, Norwegen und der Schweiz verkauft, benutzt, aufbewahrt – und schliesslich recycelt oder entsorgt werden. Die Empa hat massgeblich an der Datenbank mitgewirkt.

TEXT: Empa-Redaktion / BILD: Empa



Hunderte Tonnen Gold, Platin, Palladium, Indium und Neodym stecken im Elektronikschrott, der in europäischen Haushalten lagert. Dieses gewaltige Depot wertvoller Rohstoffe kann in Zukunft besser überblickt und genutzt werden.

Jede Europäerin, jeder Europäer besitzt durchschnittlich 250 kg an elektrischen und elektronischen Geräten. Dazu kommen 15 kg Blei-Batterien und 2 kg Batterien anderer Art, davon 500 g Lithium-Ionen-Akkus, sowie ein 60-kg-Anteil eines Automobils. All diese Güter gehen irgendwann kaputt oder veralten. Einiges davon wird weggeworfen und recycelt, anderes auf Plattformen wie Ebay und Ricardo wieder veräussert. Beträchtliche Mengen landen in Schubladen, Schränken und Garagen, wo sie eigentliche Rohstofflager bilden.

Ein Haufen fragmentierter Daten

Daten zu Vorkommen und Verteilung von kritischen Rohstoffen in Produkten, Komponenten und Abfällen wurden in den vergangenen Jahren von verschiedenster Seite generiert, etwa von Forschungsinstitutionen, Industrie, Regierungsstellen und Nichtregierungsorganisationen, und in unterschiedlichsten Datenbanken, Formaten und Berichten abgelegt. Doch niemand hatte bislang diese Daten so zusammengetragen und aufbereitet, dass Recyclingindustrie, Behörden und politische Entscheider in der Lage gewesen wären, all diese Rohstoffe in eine wirtschaftlich und ökologisch sinnvolle Zukunftsplanung einzubeziehen.

Dieser Herausforderung hat sich das vom EU-Forschungsprogramm «Horizon 2020» finanzierte Projekt «Prospecting Secondary Raw Materials in the Urban Mine and Mining Waste» (ProSUM) gestellt (www.prosumproject.eu), an dem neben 17 Forschungseinrichtungen aus 12 Ländern gleich drei Empa-Abteilungen beteiligt waren, allen voran die Abteilung «Technologie und Gesellschaft», die für das Work Package «Product Characterization» verantwortlich war.

Die von Patrick Wäger geleitete Abteilung forscht seit vielen Jahren international vernetzt an Recycling-Systemen. Ein Forschungsschwerpunkt liegt auf dem Umgang mit Elektro- und Elektronikabfällen, – so genannter e-waste – in der Schweiz sowie in Entwicklungs- und Schwellenländern. In den vergangenen Jahren dehnte sich der Fokus der Forschungsaktivitäten aus auf kritische Rohstoffe wie Indium, Seltenerdelemente und Platinmetalle.

Eine junge Wissenschaft

Empa-Forscher Heinz Böni beschäftigt sich mit seinem Team mit der Rolle kritischer Rohstoffe im «gesellschaftlichen Metabolismus». So bezeichnen Umweltforscher, in Analogie zum körperlichen Stoffwechsel, die durch gesellschaftliche Aktivitäten ausgelösten Stoff- und Energieströme. Die Erforschung dieses gesellschaftlichen Stoffwechsels ist eine relativ junge Wissenschaft, deren Grundlagen Peter Baccini und Paul Brunner in den späten 1980er-Jahren an der Eawag, dem Wasserforschungsinstitut des ETH-Bereichs, erarbeiteten. Seit 2007 beschäftigt sich vor allem eine Forschungsgruppe an der Yale

University systematisch mit der Beurteilung von Rohstoffversorgungsrisiken; die Yale-Forscher haben unter anderem eine «Kritikalitätsmatrix» entwickelt, auf deren Grundlage die EU 2010 eine erste Studie zur Kritikalität von Rohstoffen veröffentlichte. Bönis Team fokussiert sich insbesondere auf das Schliessen von Stoffkreisläufen seltener Metalle und kritischer Rohstoffe. So befass-

ten sich die Forschenden etwa in einem vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) finanzierten Projekt mit der Rückgewinnung von Neodym, das man zum Beispiel in den Schwingspulenmagneten von Festplattenlaufwerken findet, und mit dem Rezyklieren von Indium, das in Flachbildschirmen vorkommt. Derzeit arbeiten die Empa-Forscher an Möglichkeiten, seltene Metalle aus elektrischen und elektronischen Fahrzeugkomponenten wiederzugewinnen und auf diese Weise im Stoffkreislauf zu halten.

Forscher aus ganz Europa erschaffen die Datenbank

Forscher der Technischen Universität Delft waren es, die die Schweizer schliesslich um eine Teilnahme am ProSUM-Projekt anfragten. «Die Kollegen kannten uns gut aus der Zusammenarbeit in anderen Projekten», so Patrick Wäger, der eines der fünf ProSUM Work Packages leitete. Den Ausgangspunkt bildete eine Datenbank für mineralische Rohstoffe in den EU-Staaten, die das französische Forschungsinstitut für Geologie und Bergbau (BRGM) im Rahmen eines früheren EU-Forschungsprojekts, «Minerals4EU», entwickelt hatte. Der Empa-Forscher Amund Loevik hatte die Aufgabe, die verstreuten Daten aus unterschiedlichen Quellen zusammenzutragen und in eine konsistente Form zu bringen. Dabei ging es in erster Linie darum, die Qualität der Daten zu beurteilen und sie entsprechend zu gewichten.

Zur Bewältigung dieser anspruchsvollen Aufgabe holten Wäger und Co. weitere Empa-Kollegen ins Boot: Matthias Rösslein aus der Abteilung «Particles-Biology Interactions» unterstützte Loevik bei der Aufbereitung und Bewertung der Daten mit Hilfe statistischer Methoden. Analytik-Experte Renato Figi und sein Team aus der Abteilung «Advanced Analytical Technologies» entwickelten und validierten neue Methoden zur Probenahme, Probenaufbereitung und chemischen Analyse (siehe Seite 16). Zentral war dabei die Bestimmung des Gehaltes kritischer Rohstoffe in ausgewählten Produkten und in Fraktionen aus der Aufbereitung von Altbatterien, Elektro- und Elektronikaltgeräten sowie in diversen Schredderfraktionen von Altfahrzeugen.

Im Januar 2018 wurde die ProSUM-Datenbank auf www.urbanmineplatform.eu schliesslich der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Die «Urban Mine Platform» enthält Datensätze zu Flüssen, Lagern, Zusammensetzung und Abfallströmen von Batterien, Elektro- und Elektronikgeräten sowie von Fahrzeugen. Damit können Forschende, die Recyclingwirtschaft und politische Entscheidungsträger gezielt Informationen zu vergangenen und zukünftigen Entwicklungen abfragen, etwa um die Rohstoffpotenziale bestimmter Lager der urbanen Mine abzuschätzen oder um innovative Rückgewinnungsstrategien zu entwickeln. //

www.urbanmineplatform.eu

Spuren im Schrott

Das Labor für anorganische Analytik der Empa erhielt vergangenes Jahr im Rahmen des ProSUM-Projekts den Status eines Referenzlabors. Dort landen feingekörnte Proben von Schredderabfällen aus abgewrackten Autos, rezyklierter Elektronik oder von Bergbau-Abraumhalden aus ganz Europa. Empa-Chemiker finden heraus, was drinsteckt, was sich herauszuholen lohnt – und welche Stoffe für Arbeiter in Recyclingbetrieben gefährlich wären.

TEXT: Rainer Klose / BILDER: Empa

EU-Referenz-Labor

Renato Figis Labor für anorganische Analytik wurde 2017 im Rahmen des ProSUM-Projekts zum Referenzlabor bestimmt und hatte die Aufgabe, die Analyseergebnisse der anderen Länder zu validieren. Solche Referenzlabors entwickeln innerhalb der EU Standardmethoden, die in den nationalen Labors aller 28 EU-Staaten gleichermaßen benutzt werden sollen, damit Analyseergebnisse untereinander vergleichbar sind.

Renato Figi und Claudia Schreiner finden auch kleinste Spuren von wertvollen Rohstoffen im Schrott.



Schutzbrille aufsetzen – und Finger weg von allem, was hier steht», sagt Renato Figi zur Begrüssung. Wir betreten das Analytik-Labor und merken schnell: Der etwas spezielle Willkommensgruss ist durchaus berechtigt. Im Chemikalienabzug stehen Bechergläser mit grünen, gelben und orangeroten Lösungen. Den orangerot gefüllten Becher bedeckt ein Uhrglas, das Figi nun mit behandschuhten Händen abnimmt und dann sorgfältig mit destilliertem Wasser abspült: «In dem Becher ist Königswasser, ein Gemisch aus konzentrierter Salzsäure und Salpetersäure.» Ein Tropfen aufs Hemd, und es ist hinüber; ein Spritzer ins Auge, und man wäre ein Fall fürs Uni-Spital.

Doch nicht nur Laborbesucher müssen vor den ätzenden Lösungen geschützt werden, auch umgekehrt ist Kontakt unerwünscht. Denn hier geht es um Mengen, die in «parts per billion» (ppb) gemessen werden. Anders ausgedrückt: ein Milliardstelgramm des zu analysierenden Stoffes in einem Gramm Probesubstanz. Ein Körnchen Strassenstaub, eine herabfallende Haarschuppe, all das wäre für die angepeilte Genauigkeit bereits fatal.

Körner aus dem Schredder

Für das ProSUM-Projekt (siehe Seite 14) analysierten Figi und sein Team gekörnte Proben aus verschiedenen Abfallfraktionen: zermahlene elektrische und elektronische Geräte, Fahrzeugschrott, zerkleinerte Batterien verschiedenster Art sowie Abfälle aus dem Bergbau. Die Entschlüsselung einer Probe beginnt jeweils im Trockenraum – mit einer Röntgenfluoreszenzanalyse (XRF). «Mit diesem Gerät finden wir jedes Element, das schwerer ist als Fluor, mit Atomgewicht 19, bis hin zu Uran mit dem Atomgewicht 238», erläutert Figi. Viele Analytik-Labore in der Industrie lassen es mit einer solchen XRF-Analyse bewenden, doch deren Genauigkeit endet im Bereich von Prozent-Anteilen.

Scharfe Säuren, heisses Plasma

Um Genaueres herauszufinden, braucht es die gute alte Nasschemie: Die Proben werden mit konzentrierter Salpetersäure, Wasserstoffperoxid, Königswasser oder gar Flusssäure in einen Teflonbehälter gefüllt und mit einem speziellen Mikrowellenofen auf bis zu 280 Grad Celsius erhitzt. Figi: «Da löst sich vieles, ausser ein paar Fluoridverbindungen mit seltenen Erden.» Die flüssigen Proben werden dann in einem 18 000 Grad heissen Plasma atomisiert und analysiert. Das besorgen zwei Spezialgeräte namens ICP-OES (Induktiv gekoppelte Plasma-optische Emissionsspektrometrie) und QQQ-ICP-MS (Induktiv gekoppelte Plasma-Massenspektrometrie). Die entstehenden Spektren – Zahlenreihen in einer Tabelle – werden von Figi und seiner Mitarbeiterin Claudia Schreiner gemeinsam ausgewertet, um ja nichts zu übersehen. Doch damit beginnt erst die richtige Detektivarbeit.

Spuren legen – Spuren lesen

Figi weiss: Viele Elemente, die nur in geringen Mengen in der Probe vorkommen, könnten sich hinter anderen, dominanteren Bestandteilen verstecken. So liegen Eisen und Nickel vom Atomgewicht her eng beieinander, sind also im Massenspektrometer nicht immer klar zu unterscheiden. Doch die Chemie-Detektive wissen sich zu helfen: «Wir können die störenden Elemente wegagieren – also aus der Lösung entfernen», erläutert Figi. «Ich fälle das Eisen als Eisenoxid aus der Lösung aus, dann bleibt nur noch Nickel im Massenspektrum übrig – und ich kann die Menge, die in der Probe war, exakt bestimmen.» Manchmal geht der Chemiker sogar noch einen Schritt weiter und gibt eine geringe Menge eines Elements dazu, das er in der Probe vermutet, spektroskopiert erneut und vergleicht die Ergebnisse. «Spiking» nennt sich das.

«Am Ende wundern Sie sich, was man in einem ganz normalen Haarföhn so alles findet», sagt Figi. Nicht nur Neodym aus den Magneten für den Elektromotor des Föhns – das wäre ja zu erwarten. Das Empa-Team fand auch Spuren von Praseodym und Samarium in den Proben. «Bei der Spurensuche geht es nicht nur darum, die Abfälle möglichst gewinnbringend zu rezyklieren», so Figi. «Es geht auch darum, Mitarbeiter von Recyclingbetrieben vor Vergiftungen zu schützen.» Ein hoher Gehalt an Arsen in einer Probe könne bei Kontakt mit Säuren etwa zur Bildung von Arsenwasserstoff führen – ein berüchtigtes Giftgas aus dem Ersten Weltkrieg. «Das riecht dann ganz stark nach Knoblauch», sagt Figi. «Und dann gibts nur eins: nichts wie weg!» //



Matthias Koebel neben einer Probe Aerogel-Granulat. Die Herstellung des superleichten Isoliermaterials erfordert viel Know-how.

«Forschung soll man geniessen»

Matthias Koebel, Leiter der Forschungsabteilung «Building Energy Materials and Components» an der Empa setzt sich hohe Ziele und kombiniert erfolgreich neugierigen Forschergeist mit unternehmerischem Flair. Sein Spezialgebiet sind Aerogele.

TEXT: Cornelia Zogg / BILDER: Empa

Matthias Koebel ist ein Praktiker. Einer, der Dinge nicht nur verstehen, sondern auch anwenden möchte. Das spürt man sofort, wenn er über die Forschungsprojekte seiner Abteilung «Building Energy Materials and Components» spricht. Forschung ist seine Leidenschaft, ganz besonders dann, wenn die Projekte, die er anpackt, schliesslich den Weg vom Labor «auf die Strasse» finden. Eines seiner Kernthemen ist dabei Aerogel, eine Materialklasse, die aufgrund einzigartiger Eigenschaften in unterschiedlichsten Bereichen als vielversprechende Alternative zu bisherigen Materialien gehandelt wird – vom Weltraum bis zur Bauindustrie. Ein klassischer Vertreter, Silikataerogel, ist hitzebeständig bis 600 Grad, superleicht, ungiftig, wasserabstossend, extrem gut wärmedämmend und lässt sich als Pulver oder als Granulat herstellen und in Produkten vielseitig einsetzen.

Glückliche Zufälle

Allerdings ist die Herstellung von Aerogel nach wie vor teuer, das Material kann daher nur schwerlich mit herkömmlichen Materialien konkurrieren. Koebel und sein Team haben es jedoch geschafft, Aerogel nicht nur im Labormassstab einfacher herzustellen, sondern auch im so genannten Scale-up wichtige Erfahrungen zu sammeln. Am Ende gelang die Herstellung des Materials in Grossmengen mit einem vereinfachten und erst noch günstigen Verfahren.

Der Weg dorthin war allerdings alles andere als geradlinig, denn zu Aerogel kam der gebürtige Aargauer durch eine Reihe glücklicher Zufälle, die – wie er sagt – in seinem Leben zahlreich waren. Ein Zufall

war es etwa, dass er als Chemiker an der Empa in der damaligen Abteilung «Bautechnologien» landete – als eine Art Exot unter lauter Architekten, Bauphysikern und Ingenieuren. Dort stiess er dann im Rahmen eines KTI-Projekts auf Aerogeldämmstoffe. Und auch hier kam ihm sein Forschergeist zugute, denn mit einem blossen Up-Scaling gab sich Koebel nicht zufrieden. «Um etwas vom Labormassstab in die Grossproduktion zu bringen, muss man zuallererst den Prozess verstehen», erklärt er.

Das führte dazu, dass das Team aus «Nobodies» damit begann, Aerogel selbst zu synthetisieren und sich so ins Thema einzuarbeiten. Nur wenig später fand sich Koebel auf einem Kongress in den USA zwischen all den «Top-Shots» des Forschungsgebiets wieder, was unter anderem dazu führte, dass er als Co-Editor ein Referenzwerk zum Thema Aerogel mitgestalten durfte und sich im Laufe der Jahre immer weiter mit dem Thema beschäftigte. Und dies mit einem gewissen Erfolg, wie er nicht ohne Stolz sagt: «Mittlerweile sind wir extrem vernetzt und gehören selbst zu den Top-Shots in unserem Gebiet.»

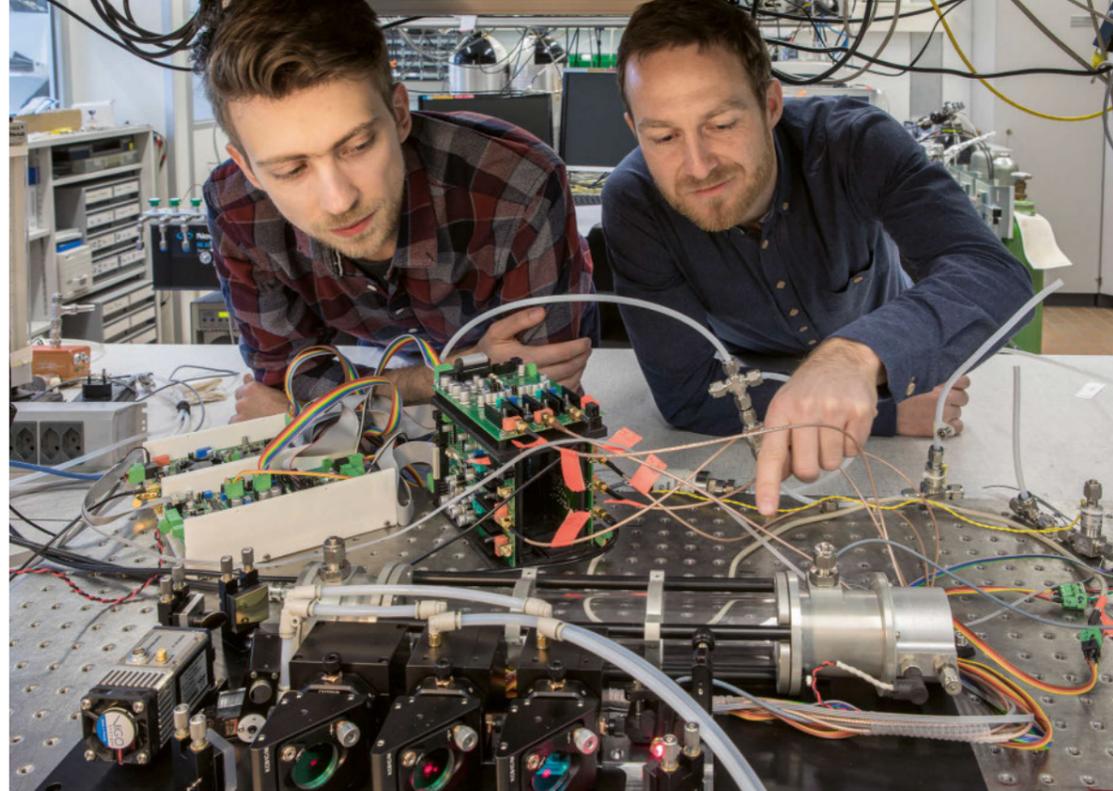
Vom Labor in die Gesellschaft

Seine starke Ausrichtung auf die Praxis spiegelt sich in der Struktur seiner Abteilung wider. Zwei Teams fokussieren sich auf die Grundlagenforschung von Aerogel und anderen Kolloidmaterialien, eine dritte Gruppe kümmert sich einzig und allein darum, Anwendungen für die neuen Materialien zu eruiieren. Ideen hat Koebel genug, aber von den zahlreichen Einfällen verfolge er nur jene, die in seinen Augen als vielversprechend gelten – da ist Koebel ganz Entrepreneur, dem nicht nur die Forschung am Her-

zen liegt, sondern auch die Gesellschaft. Sich selbst sieht er dabei eher in der Rolle des «Crazy Scientist» – aber nur um gleich darauf klarzustellen, dass seine Ideen keineswegs an der Labortür haltmachen. «Ich möchte etwas bewirken», betont er, und genau daher ist es für ihn zentral, nicht nur Forschung im Labor erfolgreich voranzutreiben, sondern auch deren Umsetzung am Markt. Seine Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sollten daher zweigleisig denken, also nicht nur die nächste Publikation, sondern auch eine industrielle Umsetzung im Auge behalten. Denken und experimentieren brauche Zeit, ein Aspekt, der in unserer auf quantitativen Output getrimmten Gesellschaft oft verlorengehe. In Koebels Labor dürfe es dagegen durchaus einmal länger dauern bis zur nächsten Publikation, dafür muss die Qualität stimmen.

Chemiker und Hobby-Koch

Genuss ist ein Prinzip, das Koebels Leben generell prägt. Sich Zeit lassen, damit viele Ideen getestet werden können, damit sich gute Forschung entfalten kann und man am Ende dort, wo die wahren Schätze vergraben sind, den Dingen komplett auf den Grund gehen kann. «Chemie ist wie Kochen», vergleicht Koebel seine Arbeit. «Ein Koch muss seine Zutaten kennen, das Handwerk beherrschen und ein Gourmet sein, um gute Arbeit zu leisten. Er muss den Prozess geniessen. Das sollte ein Chemiker auch: Forschung geniessen.» Kein Wunder, ist Koebel in seiner Freizeit daher ebenfalls ein Gourmet und leidenschaftlicher Koch. Egal, ob er zu Hause am Herd oder im Labor neue Rezepte austüftelt, für ihn kommt die Freude an der Sache immer an erster Stelle. //



Oleg Aseev (links) und Morten Hundt bei letzten Handgriffen am Prototyp des MIRO-Messgeräts.

Neun auf einen Streich

Schadstoffe in der Atmosphäre belasten die Umwelt und bergen gesundheitliche Risiken für den Menschen. Das Empa-Spin-off «MIRO Analytical Technologies» hat eine Technologie entwickelt, um neun Treibhausgase und Schadstoffe gleichzeitig mit nur einem Gerät und beispielloser Geschwindigkeit und Präzision zu analysieren.

TEXT: Cornelia Zogg / BILDER: Empa

Luftverschmutzung ist ein Problem, das alle betrifft. Doch Instrumente zur Messung von Treibhausgasen und Schadstoffen in der Atmosphäre sind komplex, teuer und verbrauchen meist viel Energie, denn jedes Gas wird mit einer anderen Methode gemessen. Zwei Forscher der Empa-Abteilung «Luftfremdstoffe/Umwelttechnik», Morten Hundt und Oleg Aseev, haben eine Methode entwickelt, um diesen Prozess zu vereinfachen: Mit nur einem Gerät können sie insgesamt neun Treibhausgase und Luftfremdstoffe gleichzeitig bestimmen. Darunter Stickstoffdioxid (NO₂), das bisher meist nur indirekt gemessen wird, was die Messergebnisse verfälschen kann. «Unser Ziel ist es, Luftqualitäts- und Treibhausgasmessungen einfacher, genauer und günstiger zu machen», sagt Hundt.

Schadstoffe aus dem Auspuff

Der von MIRO entwickelte Sensor kann Kohlenmonoxid (CO) und Kohlendioxid (CO₂), Ammoniak (NH₃), Stickoxide (NO und NO₂), Lachgas (N₂O) und Ozon (O₃) sowie Schwefeldioxid (SO₂) und Methan (CH₄) hochpräzise messen. Das kann vor allem im Zuge der politischen Diskussionen um Fahrzeugverbote in Städten wie jüngst in Deutschland relevant werden, denn ein Teil dieser Schadstoffe stammt aus dem Auspuff von Personewagen. Doch die von MIRO entwickelten Präzisionsmessinstrumente können nicht nur im Zu-

Empa-Spin-off IRsweep

«MIRO Analytical Technologies» ist nicht das einzige Empa-Spin-off, das optische Spektrometer nutzt. Das 2014 gegründete Unternehmen «IRsweep» spezialisiert sich auf molekulare Analysen. So gehören etwa Echtzeitbeobachtungen von enzymatischen Reaktionen beziehungsweise die Überwachung chemischer Reaktionen zu den Anwendungsgebieten des von IRsweep entwickelten Spektrometers.

sammenhang mit Abgasmessungen eingesetzt werden. Im Zuge des Pariser Abkommens entwickelt die internationale Staatengemeinschaft regelmässig neue Pläne zur Senkung von Treibhausgasemissionen wie Kohlendioxid, Lachgas oder Methan. Ob diese Massnahmen den gewünschten Erfolg zeitigen, muss allerdings überprüft werden; dazu sind genauere Messungen nötig, die dann wiederum als Eingangsgrössen für detaillierte Atmosphärenmodelle dienen. Diese Messungen werden von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern staatlicher Messnetze durchgeführt, wie das NABEL in der Schweiz (Nationales Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe). Auch hier kann die neue MIRO-Technologie die Arbeit erleichtern, wie der Empa-Forscher und NABEL-Leiter Christoph Hüglin bestätigt: «Das von MIRO entwickelte Messgerät ist eine vielversprechende Alternative zu den zurzeit verfügbaren Messgeräten.»

Drei Doppel-Quantenkaskadenlaser können mehr als einer

Der neue Ansatz basiert auf Laserabsorptionsspektroskopie und kombiniert drei Doppel-Quantenkaskadenlaser in einem Gerät, was die hochpräzise Messung verschiedener Gase ermöglicht. Dabei wird das Licht der Laser von den Gasmolekülen absorbiert. «Je höher die Absorption des Lichts, umso höher ist die Konzentration der betreffenden Schadstoffe in der analysierten Luftprobe. Es handelt sich also um eine direkte und absolute Messmethode», erklärt Hundt. «Dabei haben wir den spektralen Messbereich so gewählt, dass keine Querempfindlichkeiten zu befürchten sind», fügt Aseev hinzu.

Im Labor konnten Hundt und Aseev bereits nachweisen, dass ihre Idee bestens funktioniert; sie sind nun dabei, diese Funktionalität in einem mobilen Gerät zu vereinen. Das im Februar gegründete Start-up «MIRO Analytical Technologies» will sich mit ihrem neuartigen Sensor zunächst im Markt der Klimawissenschaften und Luftqualitätsüberwachung positionieren. Doch das Spektrum für weitere Anwendungsmöglichkeiten ist riesig. So sind etwa Einsätze in der Industrie oder im Sicherheitsbereich denkbar. //



EU kofinanziert Empa-Nachwuchsforscher

Am 19. März begrüsst die Empa erneut 20 Postdoktoranden, die vom Programm COFUND der EU gefördert werden. Die Nachwuchswissenschaftler der Gruppe Empa-Postdocs-II stammen aus Europa, Asien und Australien, bringen ihre Expertise aus Hochschulen rund um den Globus ins Empa-Forschungsnetzwerk ein und wollen neue Erfahrungen für ihre weitere Karriere mitnehmen.

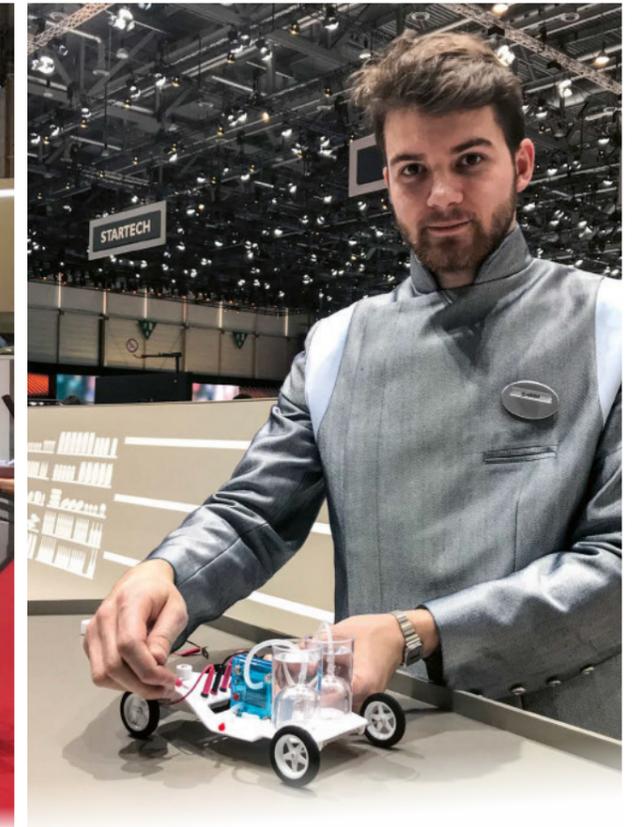
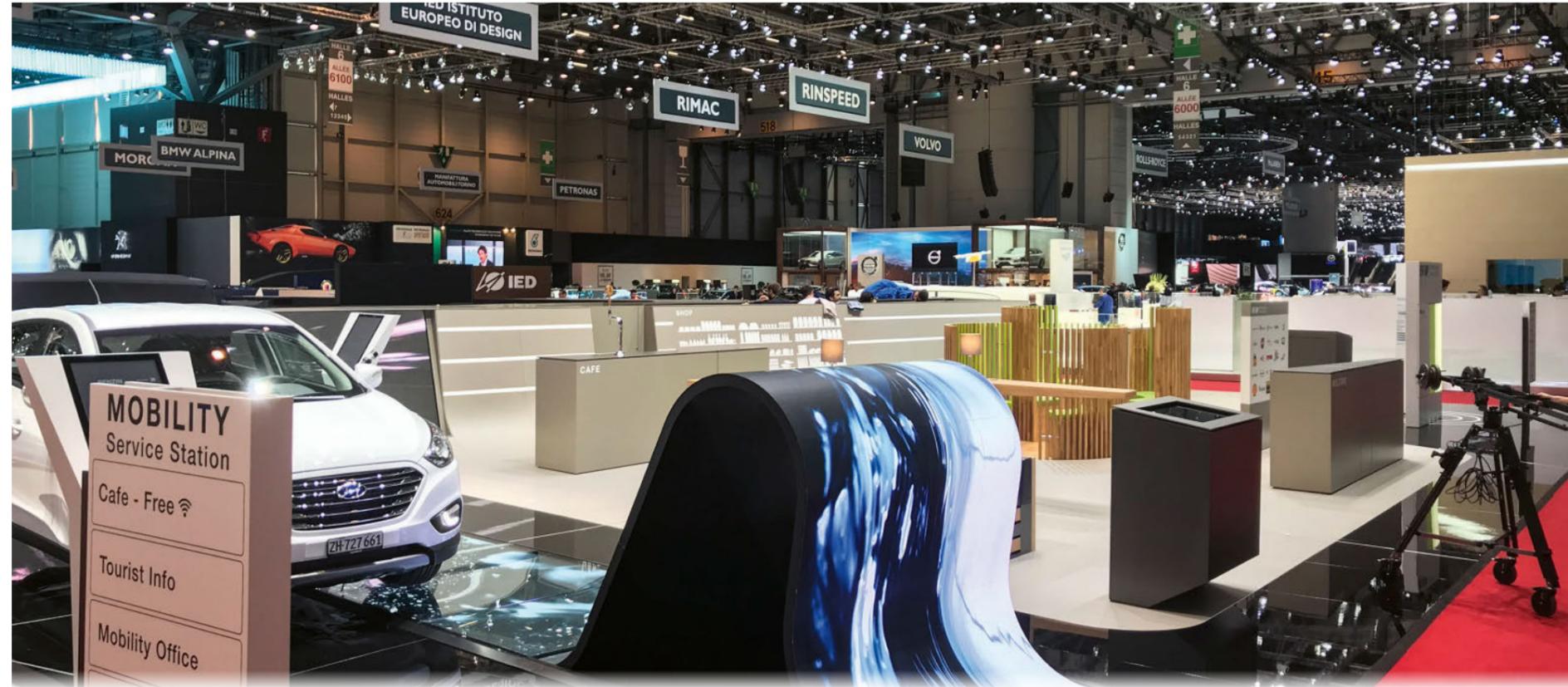
Im Februar 2017 hatte die EU den COFUND-Antrag der Empa in Höhe von mehr als 3,5 Millionen Euro bewilligt. Die Empa nimmt damit bereits zum zweiten Mal am COFUND-Programm teil. Die EU kofinanziert dabei fünf Jahre lang im Rahmen ihrer Marie-Sklodowska-Curie-Massnahmen insgesamt 50 Postdoc-Stellen an der Empa zu etwa einem Drittel. Besonders erfreulich: Von den insgesamt 68 Eingaben aus ganz Europa hatte der Empa-Antrag mit einer Bewertung von 99,2/100 Punkten am besten abgeschnitten.

Die 20 nun startenden Nachwuchswissenschaftler gehören zur ersten Tranche der COFUND-Stipendiaten. Sie arbeiten in praktisch allen Bereichen der Empa-Forschung: an neuartigen Batterien, Additive Manufacturing (AM), kohlenstoffbasierter Elektronik, schalldämpfenden Metamaterialien, an Nanokompositen und künstlicher Haut, an Wundheilungsgelen und Textilien, in der Betonforschung und der Überwachung von Treibhausgasen in der Atmosphäre.

Empa-Direktor Gian-Luca Bona empfahl den neuen Empa-Forscherinnen und -Forschern, sich möglichst gut zu vernetzen: «Geht raus aus euren Labors und spricht mit Kollegen über die Probleme, die auf euch zukommen. Forschung ist nicht vorhersehbar, und irgendjemand da draussen hat möglicherweise die entscheidende Idee, wie ihr mit eurer Fragestellung weiterkommen könnt.»

Wer an COFUND-Postdoc-Stellen an der Empa interessiert ist, kann sich zwischen 1. Juni und 31. August 2018 für die zweite Tranche des Programms Empa-Postdocs-II bewerben. Infos gibt es bei der Cofund-Project-Managerin Juliane Sauer unter:

www.empa.ch/web/empa/empapostdocs-ii



Tankstelle der Zukunft am Automobilsalon in Genf

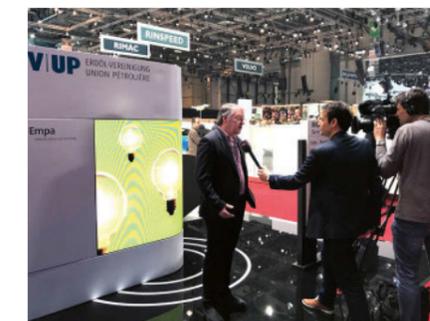
TEXT: Rainer Klose / BILDER: Empa

Vom 8. bis 18. März präsentierte die Empa gemeinsam mit der Erdöl-Vereinigung und Hyundai die «Tankstelle der Zukunft» am Autosalon in Genf. Am Stand 6239 in Halle 6 konnten Besucherinnen und Besucher an einem Simulator eine realistische Betankung eines Hyundai iX35 mit Wasserstoff ausprobieren. Spezialisten der Empa hatten den Simulator konstruiert. Bundesrat Guy Parmelin kam am Eröffnungstag vorbei und liess sich von Empa-Direktor Gian-Luca Bona die Betankung und die wissenschaftlichen Hintergründe erläutern.

Treibstoffe aus überschüssigem erneuerbarem Strom

Am Info-Tower der Empa erklärten Experten, warum Wasserstoff sich als Antriebsquelle für Autos in Zukunft anbietet: Im Sommer 2035 «erntet» die Schweiz, laut Prognosen, viel mehr Ökostrom, als sie verbrauchen kann. Diese Überschussenergie kann in Wasserstoff verwandelt und für die Mobilität genutzt werden. Damit verhindert man die Abschaltung von Solar- und Windanlagen zu Zeiten, wenn diese besonders produktiv sind.

Im Mobilitätsdemonstrator «move» auf dem Empa-Campus wird das bereits erprobt. Aufbau und Funktion des Move konnten Besucher mit Hilfe einer Bildschirm-Animation am Empa Info-Tower erfahren und mit Spezialisten am Stand diskutieren. //



Oben Mitte

Der jungfräuliche Stand der Erdöl-Vereinigung und der Empa kurz vor Eröffnung des Automobilsalons Genf.

Rechts

Bundesrat Guy Parmelin und Autosalon-Direktor André Hefti lassen sich von Empa-Direktor Gian-Luca Bona eine Wasserstoff-Betankung demonstrieren.

Rechts Mitte

Am Empa-Touchscreen wird erläutert, wie Wasserstoff aus Überschussstrom erzeugt wird.

Rechts unten

Vorbereitung zur Pressekonferenz: (v.l.n.r.) Daniel Hofer, Präsident der Erdöl-Vereinigung, Brigitte Buchmann, Leiterin des Departements Mobilität, Energie und Umwelt an der Empa, Nicholas Blattner, PR-Manager bei Hyundai Suisse, David Suchet, Leiter Kommunikation der Erdöl-Vereinigung



Biointerfaces *International* 2018 Zurich



August 14–16, 2018, University of Zurich
Science, Technology & Translation

SESSIONS

- Regenerative Medicine & Stem Cell Technology
- 3D Cell Culture / Engineered Tissue and Organoid Models
- Functional Material-Biology Interfaces
(to Tissue, Cells, Bacteria, Enzymes/Proteins)
- Mechanobiology
- Bioinspired / Responsive Surfaces
- Bioanalytics / Diagnostics / MicroNanofabrication,
Lab-on-Chip
- (Drug) Delivery Systems
- Neuronal / Bioelectrical Interfaces, Brain

- ▷ Submit abstracts for contributed talks & poster presentations
- ▷ Register now!
- ▷ www.biointerfaces.ch



Veranstaltungen

12. – 13. April 2018

3-Länder-Tagung Korrosion

Zielpublikum: Industrie und Wissenschaft
www.empa-akademie.ch/3-Länder
Empa, Dübendorf

28. – 29. Mai 2018

1st Internat. Symposium on Solid-State Batteries

Zielpublikum: Industrie und Wissenschaft
www.empa-akademie.ch/batteries
Empa, Dübendorf

4. – 6. Juni 2018

Calcium Sulfoaluminate Cements

Zielpublikum: Industrie und Wissenschaft
www.empa-akademie.ch/csa2018
Murten

19. Juni 2018

Kurs: Elektrochemische Charakterisierung und Korrosion

Zielpublikum: Industrie und Wirtschaft
www.empa-akademie.ch/korrosion
Empa, Dübendorf

4. Juli 2018

Kurs: Kriterien zur Wahl eines Elektromotors

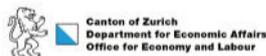
Zielpublikum: Industrie und Wirtschaft
www.empa-akademie.ch/elektromotor
Empa, Dübendorf

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

Ihr Zugang zur Empa:

portal@empa.ch
Telefon +41 58 765 44 44
www.empa.ch/portal

Biointerfaces
International



@EmpaMaterialScience



Empa_CH



EmpaChannel



Empa



empa_materials_science