

# Empa Quarterly

FORSCHUNG & INNOVATION II #76 II JULI 2022

FOKUS

## MATERIALIEN DER NÄCHSTEN GENERATION

CHAOS STABILISIERT KRISTALLE  
DRUCKTINTEN OHNE BINDEMITELE  
PARKINSON AUSGELOST DURCH KUPFER?

## [ INHALT ]

[ FOKUS: MATERIALIEN DER NÄCHSTEN GENERATION ]



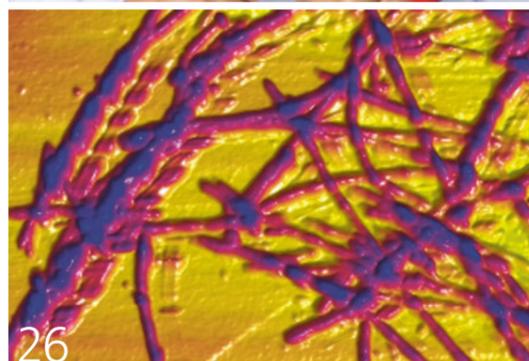
08



11



14



26



23

## [ FOKUS ]

**11** KERAMIK  
Kann Unordnung Kristalle stabilisieren?

**14** ELEKTRONIK  
Ein Druckprojekt bringt ungewöhnliche Erkenntnisse

**18** STROMSPEICHER  
Der steinige Weg zur Festkörperbatterie

**23** PORTRAIT  
Wim Malfait: Ein Geologe erschafft Ultraleichtes

## [ THEMEN ]

**08** INTERVIEW  
Die neue Empa-Direktorin Tanja Zimmermann spricht über ihre Ziele

**26** PRÄVENTION  
Verursacht Kupfer die Parkinson-Krankheit?

**28** KLIMAWANDEL  
Verbrauch steuern statt Energie speichern

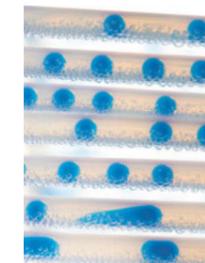
## [ RUBRIKEN ]

**04** WISSEN IM BILD

**06** IN KÜRZE

**30** UNTERWEGS

## [ TITELBILD ]



Um auf der Suche nach neuen Materialien rascher voranzukommen, hat die Empa ein Synthesegerät gebaut, in dem unterschiedliche chemische Mixturen wie am Fliessband erzeugt werden können. Im «Tubular Flow Reactor» laufen kleine Bläschen durch einen Schlauch, in denen die jeweilige Reaktion immer unter den genau gleichen Bedingungen abläuft (siehe S. 11).  
Bild: Gian Vaitl / Empa

## [ IMPRESSUM ]

**HERAUSGEBERIN** Empa  
Überlandstrasse 129

8600 Dübendorf, Schweiz  
www.empa.ch

**REDAKTION** Empa Kommunikation

**ART DIREKTION** PAUL AND CAT.

www.paul-and-cat.com

**KONTAKT** Tel. +41 58 765 47 33

empaquarterly@empa.ch

www.empaquarterly.ch

**VERÖFFENTLICHUNG**

Erscheint viermal jährlich

**PRODUKTION**

rainer.klose@empa.ch



ISSN 2297-7406

Empa Quarterly (deutsche Ausg.)

## WIE GEHT EIGENTLICH INNOVATION?

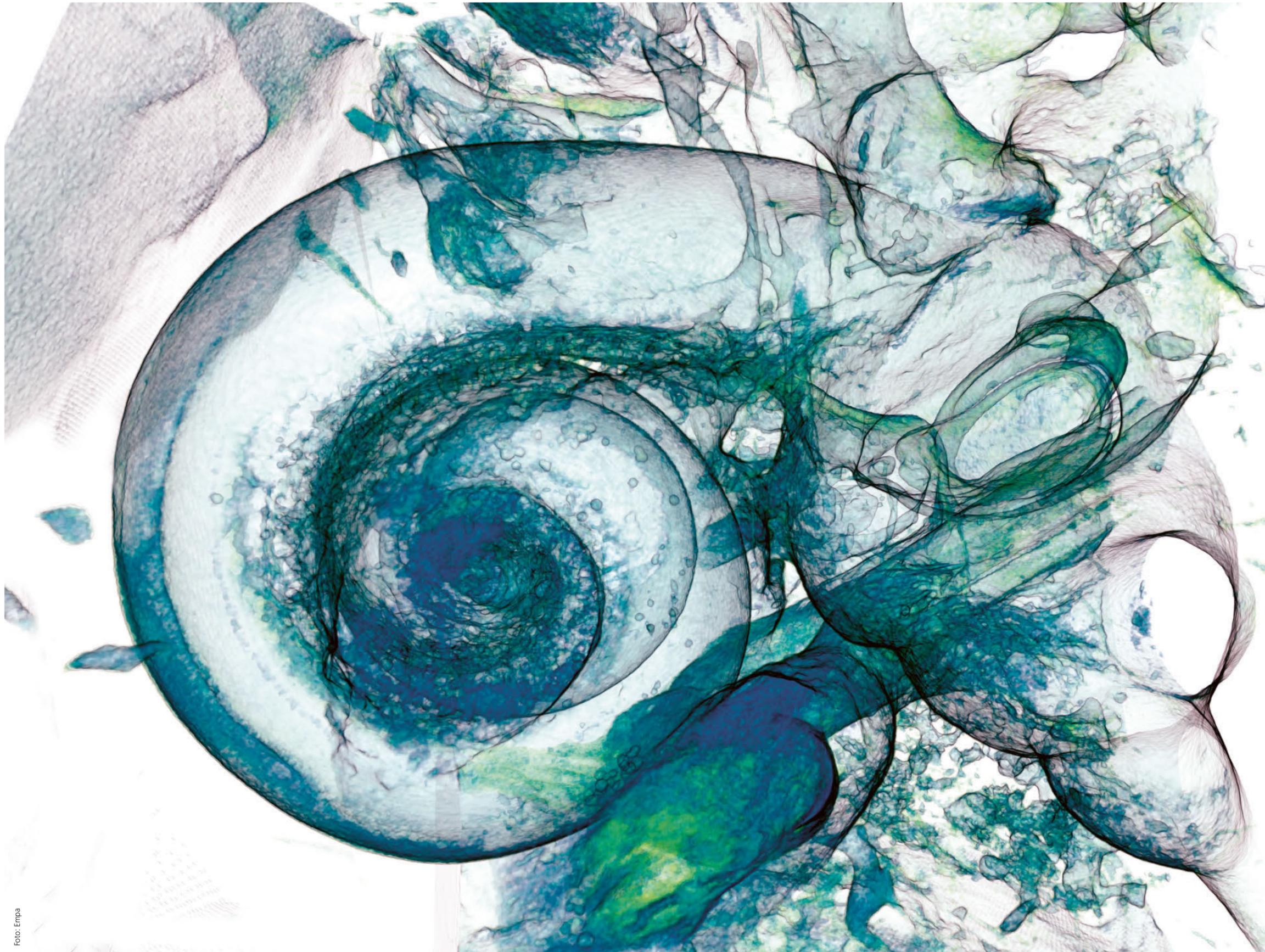
Liebe Leserin,  
lieber Leser,



Viele, wenn nicht die meisten technologischen Neuerungen – den Software-Bereich einmal ausgenommen – haben ihren Ursprung in neuartigen Materialien. Man spricht nicht von ungefähr von der Stein-, der Bronze- und der Eisenzeit – und vielleicht bald einmal auch vom Betonzeitalter, wenn man sieht, wie wir mit diesem Material unsere Welt «umgebaut» haben.

Die Frage danach, wie Innovation entsteht, dreht sich im Kern also um die Entwicklung neuer Materialien. Und genau das machen wir an der Empa – wie der Fokus der aktuellen Ausgabe illustriert. Dabei gibt es kein Patentrezept. Mal betreten unsere Forscher – wie weiland die Crew der «Enterprise» – vollkommenes Neuland (aus materialwissenschaftlicher Sicht) und «bauen» Kristalle aus wild gemischten Zutaten, sogenannten Hochentropie-Materialien mit erstaunlichen Eigenschaften (S. 11). Mal scheitern sie grandios beim Versuch, neuartige Transistoren auf Papier oder PET zu drucken – um dann handkehrum (auch dank «Prof. Zufall») ein neues, inzwischen patentiertes Verfahren für den 3D-Druck zu «erfinden» sowie einen sonderbaren Transistor mit einer Art Gedächtniseffekt (S. 14), der für KI-Anwendungen interessant sein könnte. Und beim Hochskalieren der Prozesse für die industrielle Fertigung von Feststoffbatterien – der neue Trend in der Batterieforschung – wiederum sehen sie sich unzähligen Hindernissen ausgesetzt, die sie durch immer neue Versuchsanordnungen zu überwinden versuchen (S. 18). Der Weg zur Innovation ist eben oft kein gradliniger ...

Viel Vergnügen beim Lesen!  
Ihr MICHAEL HAGMANN



#### FILIGRANES HAUSTIER

Der Körper ist das Haus der Seele, so hat es der Philosoph Philon von Alexandria bereits vor rund 2000 Jahren formuliert. In diesem Haus ist die sogenannte Cochlea, die Schnecke, unser Haustier. Das feine knöcherne Gebilde im Innenohr beherbergt den Gehörsinn. Empa-Forschende vom «Zentrum für Röntgenanalytik» in Dübendorf haben gemeinsam mit der Gruppe für «Image Guided Therapy» am «Artog Center» in Bern die Hörschnecken von gesunden Probandinnen und Probanden mittels Mikrocomputertomographie untersucht. Ziel des bildgebenden Verfahrens ist es, die Mikroanatomie der Cochlea exakt zu ermitteln, um chirurgische Interventionen beim Einsatz von Hörprothesen zu optimieren. Ist das Gehör beeinträchtigt, der Hörnerv aber noch intakt, kann ein Cochlea-Implantat helfen. Das Einsetzen der winzigen Implantate ist jedoch riskant. Computertomographien können hier hilfreiche Einblicke gewähren.

Mehr Information zum Thema finden Sie unter:  
[www.empa.ch/web/s499](http://www.empa.ch/web/s499)

## DER LOTSE GEHT VON BORD



**PRÄSENT IM STIL DES HAUSES**  
Im «LAB NOTEBOOK» gestalteten sämtliche Abteilungen der Empa eine eigene Abschiedsseite für Gian-Luca Bona.

Nach knapp 13 Jahren als Direktor der Empa hat sich Gian-Luca Bona Ende Mai 2022 von «seinen» Mitarbeitenden an den drei Empa-Standorten Dübendorf, St. Gallen und Thun verabschiedet. Seit September 2009 hat Gian-Luca Bona die Geschicke der Empa als Direktor mitbestimmt und -erlebt. Im Rückblick zeigte sich der scheidende Direktor beim letzten Abschiedsapéro in der Empa-Akademie in Dübendorf dankbar für viele Erfolge, die die Menschen bei der Empa möglich gemacht haben – und blickt, trotz aktuellen Unwägbarkeiten, zuversichtlich in die Zukunft: «Die Empa soll und wird weiterhin ein Leuchtturm in der Schweiz sein.» Gian-Luca Bona möchte auch selbst weiter den sprichwörtlichen Erfindergeist der Schweiz fördern, indem er seine Erfahrung beim Innovationspark Zürich und beim Innovationspark OST in St. Gallen einbringt. Zugleich wird er sich freilich auch Zeit für Dinge nehmen, die in den vergangenen Jahren zu kurz kamen: Touren auf dem Velo oder in festen Schuhen in den Schweizer Bergen.

[www.empa.ch/web/s604/abschied-gian-luca-bona](http://www.empa.ch/web/s604/abschied-gian-luca-bona)

Bild: Empa

## RUSSPARTIKEL-MESSUNGEN FÜR DIE NÄCHSTE AUTOGENERATION



**ROUND ROBIN**  
Das wandernde Testfahrzeug, auf dem Rollenprüfstand der Empa..

Geleitet von dem zentralen Forschungslabor der EU (Joint Research Center, JRC) und gemeinsam mit sechs führenden Forschungslabors aus Frankreich, Italien, Japan, China, Polen, Deutschland und Österreich erarbeitet die Empa Abgasmessungen für die nächste und übernächste Autogeneration auf der ganzen Welt. Zu diesem Zweck wurden Russpartikel eines typischen Mittelklassewagens mit Benzin-Turbomotor in zwei Testrunden von einem zum anderen Labor weitergereicht und in allen Labors gemessen. Das Fahrzeug nennt man in diesen Fällen «Round Robin». Eine Messeinrichtung wurde mit dem Auto von Labor zu Labor mitgereicht und zwischendurch immer wieder ins JRC zur Kalibrierung geschickt. So hatten alle beteiligten Labore die Gelegenheit, die eigenen Messmethoden und -instrumente mit den Partnerlabors abzugleichen. In der ersten Runde war der Wagen mit E-5-Superbenzin betankt, in der zweiten Testrunde mit E-10-Treibstoff. Bei den neuen Messmethoden geht es darum, kleinere Russpartikel ab 10 Nanometern Grösse zu erfassen, die der Wagen ausstösst. Bislang waren Russpartikel unter 23 Nanometern vom Gesetz nicht erfasst. Russpartikel dieser Grösse können vom menschlichen Körper nicht mehr aus der Lunge ausgeatmet werden und sammeln sich dort an.

[www.empa.ch/web/s504](http://www.empa.ch/web/s504)

## DIGITALER SPION GEGEN «FOOD WASTE»



**REISENDE ZWILLINGE**  
Kartoffel, Avocado und Apfel: Mit Sensoren bestückte biophysikalische Zwillinge reisen mit Gemüse und Obst vom Feld bis zum Supermarkt.

Auf dem Weg vom Feld bis in den Verkauf verdirbt fast ein Drittel der Lebensmittel weltweit. Empa-Forschende arbeiten daran, diesen enormen «Food Waste» zu reduzieren – etwa mit biophysikalischen Zwillingen von Früchten und Gemüse. Die Eigenschaften der Feldfrüchte werden hierbei von den Polymer-Modellen perfekt simuliert. Zudem sind die biophysikalischen Zwillinge mit Sensoren ausgestattet, die die Temperatur und den Feuchtegehalt messen, wie sie an der Schale und im Fruchtfleisch der echten Nahrungsmittel herrschen. So meldet der «Spion» unter den Produkten präzise Daten, damit die Bedingungen bei Lagerung und Transport optimiert werden können – anders als herkömmliche Messmethoden. Zuletzt haben die Forschenden das Sortiment der Sensorfrüchte Apfel und Mango um Kartoffeln und Avocados in verschiedenen Grössen erweitert sowie Materialien und Herstellungsprozess verbessert.

[www.empa.ch/web/simbiosys](http://www.empa.ch/web/simbiosys)

Bilder: Empa (2)

# «WIR MACHEN HIER ETWAS, DAS RELEVANT IST FÜR ALLE»

Eine erfolgreiche Umsetzung der Energiestrategie 2050, personalisierte Behandlungsmethoden für die alternde Gesellschaft und ein Kompetenzzentrum für Quantentechnologien – Tanja Zimmermann hat ehrgeizige Ziele. Im Interview erklärt die neue Direktorin, warum ihr Herz für die Empa schlägt.

Interview: Michael Hagmann

**Am 1. Juni haben Sie die Leitung der Empa übernommen. Mit welchen Gedanken und Gefühlen gehen Sie an diese neue Aufgabe heran?**

Ich freu mich auf eine extrem spannende Aufgabe und bin hochmotiviert, diese anzugehen – denn ich hab' wirklich sehr viel Herzblut in der Empa. Das sieht man an meinem Lebenslauf. [lächelt] Ich habe hier schon als Praktikantin Holz gespalten und bin dann die Karriereleiter hochgeklettert. Ich weiss also, wie ein Gruppenleiter sich fühlt, wo einer Abteilungsleiterin der Schuh drückt und welche Herausforderungen ein Departementsleiter hat. Und ich weiss, dass an der Empa viele hochmotivierte Teams arbeiten. Aber natürlich habe ich auch Respekt; ich folge auf Gian-Luca Bona, der die Empa in den letzten 13 Jahren extrem erfolgreich positioniert hat. Die Empa steht heute so gut da wie noch nie, seit ich sie kenne – und ich kenn' sie schon lange.

**Warum so viel «Herzblut»? Was ist so cool an der Empa?**

Wir machen hier etwas Sinnvolles, etwas Nützliches, etwas, das relevant ist für das Leben von uns allen. Wenn man am Ende eines erfolgreichen Forschungsprojekts merkt: Aha, da ist wirklich was

rausgekommen, das hat der Firma X ganz konkret geholfen – das ist das pure Gegenteil vom Elfenbeinturm. Das ist wirklich sehr befriedigend.

**Wo sehen Sie derzeit die grössten Herausforderungen, die Sie mit der Empa angehen wollen?**

Da ist zunächst einmal die möglichst schnelle Umsetzung der Energiestrategie 2050, also die Entwicklung CO<sub>2</sub>-neutraler Technologien. Die Empa soll in der Dekarbonisierung eine Vorreiterrolle spielen, das ist eines der Ziele, die ich mir gesetzt habe. Ein anderes zentrales Thema – Stichwort alternde Gesellschaft – ist die personalisierte Medizin, also die Entwicklung von spezifischeren diagnostischen und therapeutischen Methoden, die auf die einzelnen PatientInnen abgestimmt sind. Wie können wir verhindern oder hinauszögern, dass Menschen ins Spital müssen? Umwelteinflüsse wie Lärm oder Luftschadstoffe spielen bei vielen Krankheiten eine wesentliche Rolle, vor allem in der dicht besiedelten Schweiz.

**Was kann die Empa zur Lösung dieser Probleme beitragen?**

Indem wir die Empa weiterhin als erste Anlaufstelle für die Schweizer Industrie positionieren, als «The Place where

Innovation Starts». Wichtig ist, die Lücke zwischen dem, was im Labor bereits funktioniert, und dessen industrieller Umsetzung zu schliessen. Denn häufig verschwinden viele gute Ideen in diesem «Tal des Todes». Um hier Brücken zu bauen, haben wir Technologietransferplattformen wie NEST, move oder das «Coating Competence Center» ins Leben gerufen. Die müssen wir weiter ausbauen, aber auch in der Wertschöpfungskette einen Schritt weitergehen, wie dies etwa die Technologietransferzentren im Bereich «Advanced Manufacturing» tun. Und dann sind ja da auch noch die Innovationsparks.

**Gutes Stichwort: Sowohl in St. Gallen als auch in Dübendorf sind die Innovationsparks praktisch vor der Haustüre der Empa angesiedelt. Was versprechen Sie sich von dieser Nähe?**

Die Innovationsparks sind für uns die «natürlichen» nächsten Partner im Innovationsökosystem der Schweiz. Ich stelle sie mir als eine Art Begegnungszentrum vor, wo sich alle Stakeholder aus Politik, Industrie, Forschung und Gesellschaft austauschen können. Der Dialog mit der Gesellschaft wird künftig eine zentrale Rolle spielen, denn Technologien beeinflussen immer grössere Bereiche unseres Lebens. Man denke nur ▶



Foto: Nicolas Zonvi / Empa

**DIE NEUE CHEFIN**  
Tanja Zimmermann hat an der Empa viele Hierarchiestufen durchlaufen und schätzt die Innovationskraft und Kreativität von gemischten Teams.

an die rasant fortschreitende Digitalisierung, an Künstliche Intelligenz und Robotik, aber auch an die Energiewende. Dabei müssen wir die Bevölkerung frühzeitig einbinden und mitnehmen, sonst fliegt uns das um die Ohren.

**Kooperationen und Partnerschaften sind für interdisziplinäre Forschung unabdingbar. Welche Partnerschaften möchten Sie künftig ausbauen?**

Die enormen Herausforderungen, vor denen wir stehen, kann keine Forschungseinrichtung – und sei sie noch so gut – alleine lösen, das kann vermutlich noch nicht einmal ein Land alleine. Daher müssen wir im ETH-Bereich und auch mit den Schweizer Universitäten und Fachhochschulen enger zusammenarbeiten und Synergien besser nutzen. Und da ich bereits internationale Vernetzung erwähnt habe: Es wäre für die Schweiz enorm – wirklich: enorm – wichtig, wieder vollumfänglich mit den Forschungsprogrammen der EU assoziiert zu sein. Wir müssen unbedingt wieder gleichwertiges Mitglied in der europäischen Forschungsfamilie werden – auch, um die Agenda für die kommenden Jahre mitgestalten zu können. Ein längerfristiger Ausschluss hätte fatale Folgen für die internationale Positionierung der Schweiz.

**Gibt es Forschungsschwerpunkte, die Sie ausbauen möchten?**

Wir arbeiten seit einigen Jahren erfolgreich mit neuartigen Kohlenstoffnanostrukturen wie Graphen und haben erst vor kurzem 15 Millionen Franken von der Werner Siemens-Stiftung erhalten, dazu einen «ERC Grant» und verschiedene SNF-Grants im Bereich Quantentechnologien. Diese Aktivitäten möchten wir gerne bündeln, etwa in einer Art Kompetenzzentrum. Ausserdem werden unsere Aktivitäten im Bereich «Data Science» bereits seit einiger Zeit immer umfassender.

**Sie sind die erste Frau an der Spitze der Empa in 140 Jahren. Was bedeutet das für die Institution «Empa»?**

Zum einen ist es ermutigend, dass Frauen in solche Positionen gelangen können. Das hat immer noch etwas von einem «Role Model» für jüngere Forscherinnen. Ich bin intern auch schon etliche Male angesprochen worden, wie ich das denn alles unter einen Hut gebracht hätte, Beruf, Familie, Kinder. Mein Beispiel zeigt, dass Frauen auch in einem Forschungsumfeld Karriere machen und gleichzeitig eine Familie haben können. Dafür müssen wir passende Rahmenbedingungen schaffen bzw. die weiter verbessern. Ich möchte unbedingt mehr Frauen in Führungspositionen bekommen, da sind wir immer noch schwach.

**Die Zeiten sind alles andere als ruhig: die Nachwehen der Pandemie, die Nicht-Assoziierung mit den EU-Forschungsprogrammen, vermutlich steigende Ausgaben für die Landesverteidigung. Nicht gerade rosige Aussichten für Investitionen in Forschung, oder?**

Ich bin überzeugt, dass Forschung und Innovation in der Schweiz ihren hohen Stellenwert behalten werden. Und wir haben zum Glück eine solide Grundfinanzierung. Allerdings rechne ich in der Tat nicht damit, dass uns künftig deutlich mehr Mittel zur Verfügung stehen werden. Daher tun wir gut daran, alternative Finanzierungsmöglichkeiten auszuloten.

**Wie zum Beispiel?**

Wir sind bereits seit einiger Zeit sehr erfolgreich mit unserem Zukunftsfonds unterwegs. Das läuft immer besser, im Fundraising gibt es aber auf jeden Fall noch Potential. Zurzeit sehen wir Spenden und Zuwendungen vor allem im Bereich Medtech und personalisierte Medizin. Das wollen wir in Zukunft auf

## TANJA ZIMMERMANN

**WERDEGANG:** Studium der Holzwissenschaften an der Uni Hamburg, Masterarbeit an der Empa. Danach Wissenschaftlerin, Gruppenleiterin, ab 2011 Abteilungsleiterin, ab 2017 Direktionsmitglied der Empa und Departementsleiterin «Functional Materials».

**FORSCHUNG:** Spezialgebiet: Zellulose-Nanokomposite, Dozentin an der ETH Zürich, Mitglied in sechs internationalen Kommissionen zum Thema Materialforschung.

unsere anderen Forschungsbereiche wie Energie und Umwelt, aber auf für die Förderung junger Talente ausdehnen.

**Welche Ziele haben Sie sich persönlich für die nächsten Jahre gesetzt?**

Zunächst möchte ich der Kultur der Zusammenarbeit an der Empa wieder mehr Schwung verleihen – nach zwei Jahren Corona gibt es da gewisse «Abnützungsercheinungen». Mir ist die Nähe zu den Mitarbeitenden enorm wichtig, der persönliche Austausch, die gegenseitige Inspiration. Wenn wir das wieder besser leben können, kommen Motivation und gute Ergebnisse von ganz allein.

**Kultur definiert sich unter anderem über Wertvorstellungen. Welche Werte sind Ihnen wichtig?**

Vertrauen und eine offene, klare Kommunikation. Und eine gewisse Fehlerkultur, die es auch erlaubt, Fehler zu machen, weil man aus diesen lernt – gerade davon lebt ja die Forschung. Ich möchte unsere jungen Talente mehr fördern und Forscherinnen bessere Karrierechancen eröffnen. Überhaupt ist Vielfalt enorm wichtig – ich selbst habe die besten Erfahrungen in gemischten Teams gemacht.

Mehr Informationen zum Thema finden Sie unter: [www.empa.ch/web/empa/general-management](http://www.empa.ch/web/empa/general-management)

# ENDSTATION CHAOS

Kristalle, die aus wild gemischten Zutaten bestehen – sogenannte Hochentropie-Materialien – ziehen gerade wachsendes wissenschaftliches Interesse auf sich. Ihr Vorteil: Sie sind bei extrem hohen Temperaturen besonders stabil, könnten etwa für Energiespeicher und chemische Produktionsprozesse eingesetzt werden. Ein Empa-Team produziert und erforscht diese geheimnisvollen keramischen Materialien, die erst seit 2015 bekannt sind.

Text: Rainer Klose

Die Natur strebt nach Chaos. Das ist ein schöner, tröstlicher Satz, wenn wieder einmal eine Kaffeetasse über der Computertastatur umgestürzt ist und man sich vorstellt, man könnte die zuckrige, milchige Brühe wieder in die Kaffeetasse zurückwünschen – wo sie noch Sekunden zuvor gewesen war. Doch mit dem Wünschen wird das nichts. Denn, wie gesagt, die Natur strebt nach Chaos.

Wissenschaftler haben für diesen Effekt den Begriff der Entropie geprägt – ein Mass für die Unordnung. In den meisten Fällen gilt: Nimmt die Unordnung zu, dann laufen Prozesse spontan ab, und der Rückweg in die zuvor herrschende Ordnung ist versperrt. Siehe die ausgeschüttete Kaffeetasse. Auch thermische Kraftwerke, die aus einem ordentlichen Stapel Holz oder einem Häufchen Steinkohle eine gewaltige Dampfwolke über ihrem Kühlturm erzeugen, arbeiten getrieben von der Entropie. Die Unordnung nimmt bei vielen Verbrennungsprozessen dramatisch zu – und der Mensch nutzt dies aus und zapft aus dem laufenden Prozess ein bisschen Energie in Form von Elektrizität für seine Zwecke ab.

**KANN ENTROPIE ETWAS STABILISIEREN?**

Kristalle gelten als das schiere Gegenteil von Unordnung. In einer Kristallstruktur ▶



**CHAOS IM KRISTALL**  
Projektleiter Michael Stuer mit dem Modell eines «chaotischen» Kochsalzkristalls mit fünf verschiedenen Komponenten

sind alle Gitterbausteine sauber und auf kleinstmöglichem Volumen dicht nebeneinander sortiert. Umso bizarrer wirkt die Idee, man könne Kristalle durch die Kraft der Entropie stabilisieren und so eine neue Materialklasse erschaffen. Entropie-stabilisierte Materialien sind ein noch junges Forschungsgebiet. Den Anfang machten 2004 sogenannte Hochentropie-Legierungen, also Gemische von fünf oder mehr Elementen, die sich untereinander vermengen lassen. Wenn die Mischung gelingt und alle Elemente homogen verteilt sind, zeigen sich bisweilen besondere Eigenschaften, die nicht von den einzelnen Zutaten herrühren, sondern von deren Mixtur. Die Wissenschaftler nennen dies «Cocktail-Effekte».

#### AUCH IN DER HITZE REGIERT DAS CHAOS

Seit 2015 ist bekannt, dass sich sogar keramische Kristalle durch die «Kraft der Unordnung» stabilisieren lassen. So passen auch übergrösse und zu kleine Bausteine in den Kristall, die ihn im Normalfall zerstören würden. Dem Forscherteam der Empa gelang es bereits, neun verschiedene Atome in einen Kristall einzusetzen. Der Vorteil: Selbst bei hohen Temperaturen bleiben sie stabil – denn eine «Umsortierung» würde zu grösserer Ordnung führen. Das natürliche Streben nach maximaler Unordnung stabilisiert also die ungewöhnliche Kristallstruktur – und damit das gesamte Material.

«Bei bis zu vier Komponenten im Kristall ist alles noch normal, ab fünf Komponenten ändert sich die Welt», erläutert Michael Stuer, Forscher in der Empa-Abteilung «High Performance Ceramics». Seit der in Luxemburg aufgewachsene Forscher 2019 an die Empa kam, bearbeitet er das Forschungsfeld der Hochentropie-Kristalle. «Diese Materialklasse eröffnet uns eine Vielzahl neuer Chancen», sagt Stuer. «Wir können Kristalle stabilisieren, die sonst aufgrund innerer Spannungen zerfallen

würden. Und wir können hochaktive Kristalloberflächen schaffen, die es vorher noch nie gab, und nach interessanten Cocktail-Effekten suchen.»

Gemeinsam mit seiner Kollegin Amy Knorpp macht sich Stuer nun auf den Weg ins Unbekannte. Die beiden sind Spezialisten für die Herstellung von feinem Kristallpulver, und sie haben an

«Bei bis zu vier Komponenten im Kristall ist alles noch normal, ab fünf ändert sich die Welt.»

der Empa Kolleginnen und Kollegen für Röntgen- und Oberflächenanalytik, um die hergestellten Proben genauestens zu charakterisieren. Mit deren Hilfe will Michael Stuer nun in der internationalen Szene vorne mitspielen. «Die Zahl der Publikationen zum Thema Hochentropie-Kristalle steigt gerade sehr stark. Und wir möchten von Beginn an dabei sein», sagt der Forscher.

#### INSELN DES WISSENS

Nun ist systematisches Vorgehen, Fachkenntnis und eine gute Portion Beharrlichkeit gefragt. Wo fängt man an? Welche Richtung schlägt man ein? «Es gibt im Moment noch keine zusammenhängende Expertise, noch keinen vollständigen Überblick über dieses neue Forschungsgebiet», so Stuer. «Verschiedene Forschungsgruppen auf der Welt arbeiten an begrenzten Projekten. So entstehen einzelne Inseln des Wissens, die im Laufe der nächsten Jahre zusammenwachsen müssen.»

Michel Stuer und Amy Knorpp konzentrieren sich auf katalytisch aktive Materialien. Bei der chemischen Reaktion, für die sie sich interessieren, geht es um die Verbindung von CO<sub>2</sub> und Wasserstoff zu Methan. Aus einem

Treibhausgas soll also ein nachhaltiger, speicherbarer Brennstoff werden. «Wir wissen, dass CO<sub>2</sub>-Moleküle auf bestimmten Oberflächen besonders gut adsorbiert werden und die gewünschte Reaktion dann leichter und schneller abläuft», sagt Amy Knorpp. «Nun versuchen wir entropische Kristalle herzustellen, an deren Oberflächen solche hochaktiven Bereiche existieren.»

#### MISCHUNGEN AM FLIESSBAND

Um rascher voranzukommen haben die Forscher mit Hilfe der Empa-Werkstatt ein spezielles Synthesegerät gebaut, in dem vielerlei chemische Mixturen wie am Fließband nacheinander getestet werden können. Im «Tubular Flow Reactor» laufen kleine Bläschen durch einen Schlauch, in denen die jeweilige Reaktion abläuft. Am Ende werden die Bläschen entleert, und das darin enthaltene Pulver kann weiterverarbeitet werden.

«Der «Tubular Flow Reactor» hat einen riesigen Vorteil für uns: Alle Bläschen sind gleich gross, darum haben wir für unsere Synthesen immer ideale und gleichbleibende Randbedingungen», erläutert Stuer. «Falls wir von einer besonders vielversprechenden Mischung grössere Mengen brauchen, produzieren wir einfach mehrere Bläschen mit der gleichen Mixtur nacheinander.»

#### DIE FENSTER AUF DER RICHTIGEN SEITE

Aus der dem Vorprodukt-Pulver werden dann durch verschiedene Trocknungsverfahren feine Kristalle der gewünschten Grösse und Form. «Kristalle sind wie Häuser, sie haben geschlossene Aussenwände und welche mit Fenstern», erläutert Michael Stuer. Manchmal deutet schon die Form des Kristalls auf die Fensterseite hin. Etwa dann, wenn eine Mixtur nadelförmige Kristalle ausbildet. «Die langen Seiten der Nadel sind die energieärmeren. Da passiert nicht viel. Die Kristallkanten an den Nadel-

spitzen sind dagegen hochenergetisch. Dort wird es interessant», so Stuer.

Für ihr erstes, grosses Projekt haben sich die Empa-Forscher mit Kolleginnen und Kollegen vom Paul-Scherrer-Institut (PSI) zusammengetan. Diese untersuchen in einem Versuchsreaktor die mögliche Methanisierung von CO<sub>2</sub> aus Biogasanlagen und Klärwerken. Die PSI-Forschenden haben bereits Erfahrungen mit verschiedenen Katalysatoren gesammelt und stossen immer wieder auf ein Problem: Der Katalysator, an dessen Oberfläche die chemische Reaktion stattfindet, wird mit der Zeit schwächer. Das liegt daran, dass Schwefel-Anteile im Biogas die Oberfläche verschmutzen oder dass sich bei hohen Temperaturen die Katalysator-Oberflächen chemisch umwandeln.

Hier suchen die Forscherinnen und Forscher nach einem Durchbruch mit Hilfe von entropischen Kristallen; denn diese sortieren sich auch bei hohen Temperaturen nicht um – sie werden ja durch Chaos stabilisiert. «Wir hegen die Hoffnung, dass unsere Kristalle bei dem Prozess länger durchhalten und möglicherweise gegen Schwefel-Verschmutzungen unempfindlicher sind», sagt Stuer.

#### EINE LANDKARTE ZEICHNEN

Danach sind die Empa-Kristallspezialisten parat für weitere Herausforderungen: etwa Hochleistungsbatterien, supraleitende Keramik oder Katalysatoren für Auto-Abgase und andere chemische Produktionsprozesse. «Es ist ein dunkler Wald, in den wir da hineinlaufen», sagt Amy Knorpp. «Aber wir haben eine Vermutung, in welcher Richtung etwas zu finden ist. Nun zeichnen wir eine Landkarte dieser Systeme. Irgendwo da draussen, so denken wir, ist eine Schatztruhe voller Erkenntnisse verborgen.» ■

Mehr Informationen zum Thema finden Sie unter: [www.empa.ch/web/s201/nanopowders-ceramics](http://www.empa.ch/web/s201/nanopowders-ceramics)



#### AM FLIESSBAND

Michael Stuer und Amy Knorpp produzieren ihre Kristallmischungen mit einem «Tubular Flow Reactor». In jedem der Tröpfchen entsteht eine andere chemische Mixtur – unter exakt gleichen Randbedingungen.



#### UNTER SCHUTZGAS

Die Zutaten werden in der Glovebox vorbereitet und gelagert, um Veränderungen durch Sauerstoff zu vermeiden.



**DRUCKMASCHINE**  
Eine solche Spezialmaschine fertigt aus den Spezialtinten der Empa gedruckte Schaltungen.

# UNVERHOFFT INS SCHWARZE

Im Projekt «FOXIP» haben Empa-Teams mit Forschungspartnern versucht, Dünnschicht-Transistoren mit Metalloxiden auf hitzeempfindliche Materialien wie Papier und PET zu drucken. Das Ziel wurde nicht erreicht, doch die Beteiligten werten das Projekt als Erfolg – wegen einer neuartigen Drucktinte und eines Transistors mit Memory-Effekt.

Text: Norbert Raabe

Die Latte war ohne Zweifel hochgelegt: Im Forschungsprojekt «Functional Oxides Printed on Polymers and Paper» – kurz: «FOXIP» – sollte es gelingen, Dünnschicht-Transistoren auf Papierträger oder PET-Folien zu drucken. Elektronische Schaltungen mit solchen Elementen spielen im wachsenden Internet der Dinge eine wichtige Rolle, zum Beispiel als Sensoren auf Dokumenten, Flaschen, Verpackungen ... – ein weltweiter Milliardenmarkt.

Gelänge es, solche Transistoren mit anorganischen Metalloxiden herzustellen, würde das neue Horizonte eröffnen. Verglichen mit organischen Materialien wie etwa dem halbleitenden Polymer Polythiophenen, so erklärt Projektleiter Yaroslav Romanyuk vom «Laboratory for Thin Films and Photovoltaics» der Empa, seien die Elektronen darin sehr viel beweglicher. Sie könnten die Leistung solcher Elemente also deutlich erhö-

hen und müssen nicht mit einer teuren Verkapselung gegen den Einfluss von Luft und Feuchtigkeit geschützt werden.

## HITZE ALS HERAUSFORDERUNG

Das Problem bei Tinten mit Metalloxiden: Damit daraus ein stabiler Transistor wird, muss nach dem Druck gesintert werden – typischerweise in einem Ofen. Alternativ kann man auch mit Licht trocknen und sintern – zum Beispiel mit niederwelliger ultravioletter Strahlung oder einer Xenon-Lampe: Die gedruckte Schicht wird mit sehr kurzen Lichtblitzen erhitzt, um das Trägermaterial zu schonen. Dabei verlassen Wasser, Lösungsmittel und Bindemittel das Material.

Dennoch erhitzen solche Verfahren das Trägermaterial auf bis zu 200 Grad – viel zu heiss für Papier oder PET, das schon bei unter 80 Grad beginnt, seine Festigkeit zu verlieren, während andere Kunststoff wie Polyimide deutlich höheren Temperaturen widerstehen.

Foto: Empa

Von 2017 bis 2021 tüftelten Fachleute der Empa, des «Soft Transducers Laboratory» der EPFL und der «Polymer Nanotechnology Group» am Paul Scherrer Institut in einem Projekt der Forschungsinitiative «Strategic Focus Area – Advanced Manufacturing» (SFA-AM), die vom ETH-Rat ins Leben gerufen wurde, an sämtlichen Schritten des Verfahrens: zum Beispiel Beschichtungen, um die Oberfläche von Papier zu glätten, Tintenrezepturen, Bestrahlungen ... – und erreichten etliche Fortschritte.

Doch der «ultimative Wunsch», wie Yaroslav Romanyuk sagt, funktionsfähige Dünnschicht-Transistoren auf Papier zu drucken, erfüllte sich nicht: zu hoch die Temperaturen, zu rau das Material. Und die gedruckten Transistoren auf Polymerfolien hatten schliesslich eine zu geringe elektrische Leistung.

## UNVERHOFFT KOMMT OFT

Enttäuscht? Nein, meint Jakob Heier

## EIN KOMPETENZZENTRUM FÜR BESCHICHTUNGEN

Die Lücke zwischen Laborforschung und industrieller Produktion für Beschichtungen zu schliessen: Das ist das Ziel des «Coating Competence Center» (kurz CCC) der Empa. Geforscht wird dort nicht nur an gedruckter Elektronik, sondern auch an Materialien, Prozessen und Technologien für Beschichtungen: Methoden, mit denen dünne Schichten auf Substrate aufgedampft werden, oder additive Fabrikation, bei der Bauteile Schicht für Schicht aufgebaut werden. Das CCC ist als «Private-Public-Partnership» aufgebaut: Die Idee ist, dass alle Partner entlang der Wertschöpfungskette von der Wissenschaft bis zur Industrie zusammenarbeiten, um neue Technologien zu entwickeln und kreative Lösungen zu finden.

von der Empa-Abteilung «Funktionspolymere»: «Ein Misserfolg war das Projekt keineswegs.» Nicht nur wegen neuer Einsichten bei technischen

Details – sondern wegen unerwarteter «Seiten-Resultate»: «Das war ein hochspannendes Projekt mit vielen Überraschungen.» Zum Beispiel gab es einen Vorfall, der Folgen haben sollte – mit dem Material Graphen: leitfähiger Kohlenstoff in atomdünnen Lagen, der auch für gedruckte Transistoren auf flexiblen Folien gut geeignet ist.

Ein Doktorand im Team wollte sich nicht damit zufriedengeben, dass sich Graphen-Tinten bei höherer Konzentration nicht mehr drucken lassen: Die Teilchen aggregieren; sie «verklumpen» – und ein gelungener, dünner Film kann sich so nicht bilden. Statt nur ein Lösungsmittel zu benutzen, versuchte der Mitarbeiter es mit einer speziellen Emulsion aus Graphen und drei Lösungsmitteln. Aber auch diese Beschichtung misslang im ersten Anlauf. Doch als die Tinte im nächsten Versuch gleichmässig gemischt und dann leichten Scherkräften ausgesetzt wurde, gelang der Druck.

**WORAN LAG DAS?**

Neugierig geworden, erkundeten die Fachleute das Phänomen und fanden

heraus, dass die Scherkräfte den Aufbau der Tinte grundsätzlich verändern. Die feinen Graphen-Blättchen in der Flüssigkeit formieren sich neu, so dass nun Van-der-Waals-Kräfte wirksam werden: relativ schwache Anziehungskräfte zwischen Atomen oder Molekülen. So entstand eine gelartige Tinte – ohne Bindemittel wie Polymere, die sonst dafür sorgen, dass die Flüssigkeit ihre Konsistenz behält und sich nicht «entmischt».

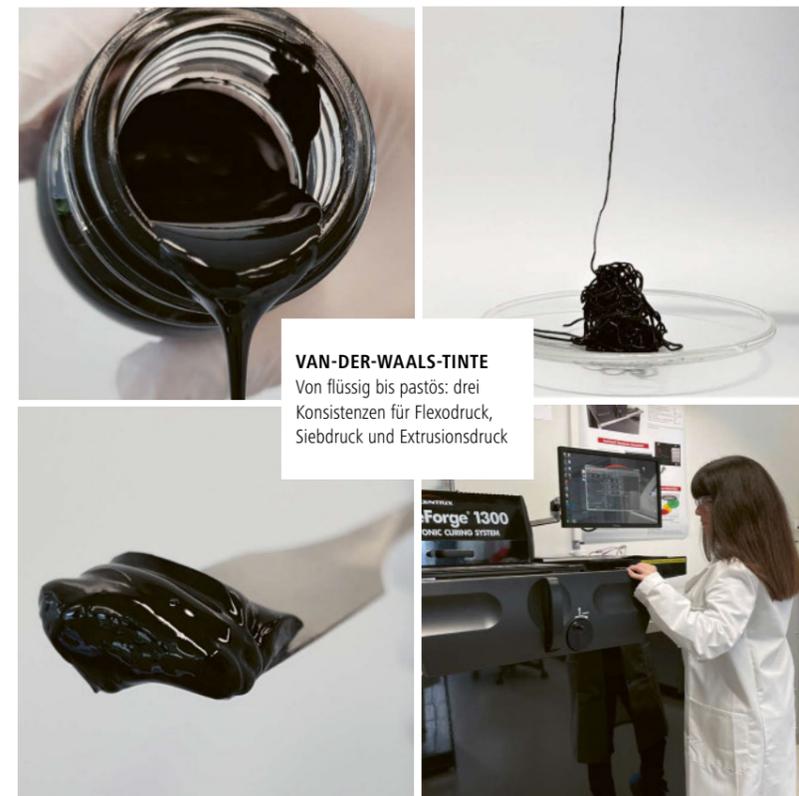
**VERFAHREN MIT MARKTPOTENZIAL**

Eine Lösung mit praktischem Nutzen also, die noch dazu bei Raumtemperatur funktioniert; die Tinte trocknet ohne Erhitzung. Wie sich zeigte, lassen sich solche van der Waals-Tinten nicht nur mit Graphen herstellen, sondern auch mit anderen zweidimensionalen Substanzen für den Druck. Mittlerweile ist das Verfahren patentiert, und einige Unternehmen, so die Fachleute, zeigen bereits Interesse daran, die begehrten Tinten zu produzieren – das alles nach einem Zufall, den das Team mit gesunder Forscherneugier weiterverfolgt hatte. Nicht die einzige Überraschung beim FOXIP-Projekt, wie Yaroslav Romanyuk

erzählt. Ein Feldeffekt-Transistor mit einer isolierenden Schicht aus Aluminiumoxid, der in Versuchen auf einen hitzebeständigen Polyimid-Kunststoff gedruckt wurde, offenbarte ein sonderbares Verhalten. Statt eines konstanten Signals, das zu erwarten gewesen wäre, zeigten sich ansteigende «Wellen»: Das Ausgangssignal wurde stärker, weil es sich an vorherige eingehende Signale «erinnerte». «Das ist eigentlich unerwünscht, wenn ein Transistor so ein «Gedächtnis» zeigt», erklärt Romanyuk. Doch ein Student im Team hatte die Idee, das Phänomen anderweitig zu nutzen: Ein Transistor mit einem derartigen Memory-Effekt funktioniert ähnlich wie Schaltungen im menschlichen Gehirn: Synapsen zwischen den Nervenzellen übertragen nicht nur Signale, sondern speichern sie auch. Für die Vision von Computern, die das menschliche Gehirn nachahmen, könnte so ein synaptischer Transistor also interessant sein. Doch was könnte er leisten?

**MOZART ALS TESTHELFER**

Um sein Potenzial zu erkunden, baute das Team eine elektronische Kopie des menschlichen Hörvorgangs mitsamt dem



**VAN-DER-WAALS-TINTE**  
Von flüssig bis pastös: drei Konsistenzen für Flexodruck, Siebdruck und Extrusionsdruck

Dünnschicht-Transistor – und fütterte es mit einer beliebten Mozart-Melodie: Rondo «Alla Turca» aus der Sonate Nr. 11 in A-Dur. «Es sollte ein lebhaftes Stück sein», sagte Romanyuk mit einem

Schmunzeln. Bei diesem Versuch und weiteren Analysen zeigte sich, dass die synaptische Funktion des Transistors von wenigen Hertz bis zu fast 50 000 Hertz erhalten bleibt – eine deutlich

höhere Bandbreite als bei vergleichbaren gedruckten Transistoren.

Konkrete Anwendungen sind – anders als bei der Drucktinte ohne Bindemittel – bei dieser Grundlagenforschung, die das Team im Online-Fachjournal «Scientific Reports» publizierte, freilich noch nicht in Sicht. Doch auf dem Weg zu neuen Computertechnologien sind die Einsichten womöglich ein nützlicher Schritt, der überraschend kam – wie schon oft in der Geschichte der Wissenschaft.

Solche Zufälle sind für Romanyuk und viele andere Forschende quasi das Salz in der Suppe – gerade bei Projekten an der Grenze des Machbaren. «Wir hatten unsere Ziele ja ganz bewusst sehr hoch gesteckt», sagt er, «Zufälle spielen dabei eine sehr grosse Rolle! Man stellt sich einer grossen Herausforderung und dann, plötzlich und unerwartet, passieren diese Zufälle einfach.»

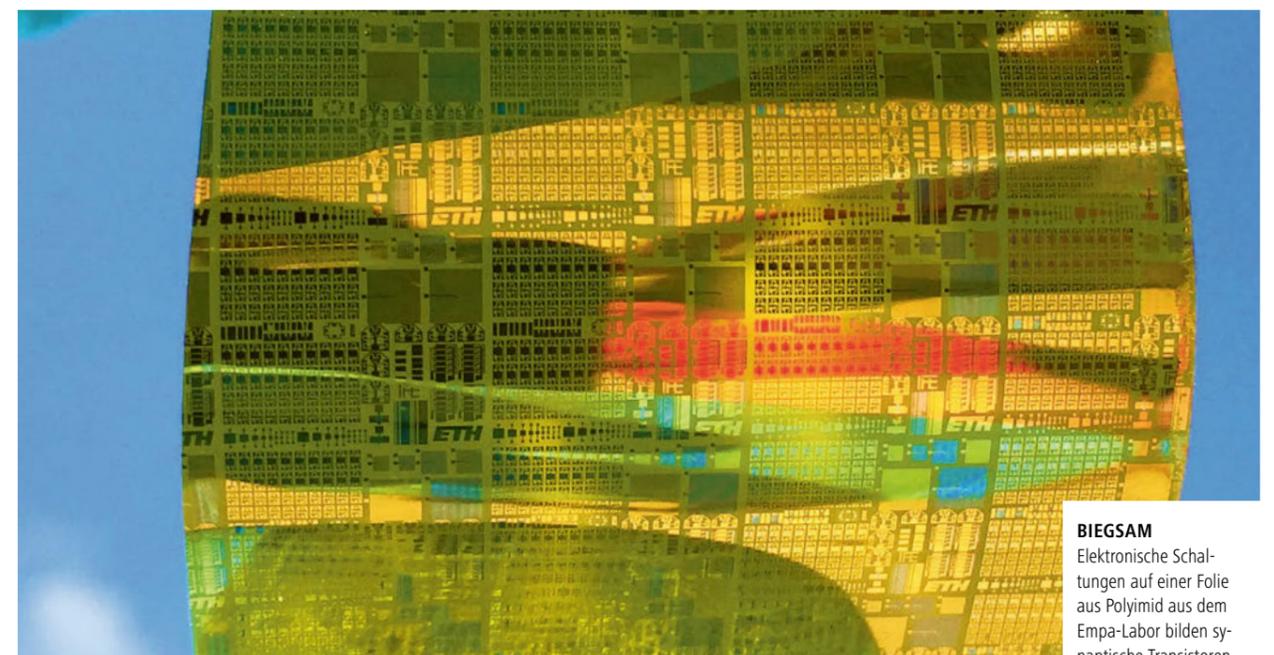
Mehr Informationen zum Thema finden Sie unter: [www.sfa-am.ch/foxip.html](http://www.sfa-am.ch/foxip.html)



**HIGHTECH**  
Ein Mitarbeiter arbeitet an einem Inkjet-Drucker, der für gedruckte elektronische Bauteile verwendet wird.

Foto: Empa

Fotos: Empa



**BIEGSAM**  
Elektronische Schaltungen auf einer Folie aus Polyimid aus dem Empa-Labor bilden synaptische Transistoren.

# WETTlauf ZUR FESTSTOFFBATTERIE

Lithium-Ionen-Batterien ohne brennbare Flüssigkeiten – sogenannte Feststoffbatterien – gelten als der nächste grosse Wurf in der Batterietechnologie. Gäbe es hier einen Durchbruch, könnten Elektroautos auf einen Schlag leichter werden und grössere Reichweiten erzielen. Die Empa verfolgt verschiedene Ansätze und unterstützt die Industrie beim Aufbau von «Gigafactories» zur Batterieproduktion.

Text: Rainer Klose

Die Feststoffbatterie soll das E-Auto zu neuen Höhen führen: Kürzere Ladezeiten, höhere Reichweiten, totale Brandsicherheit und niedrigere Kosten versprechen die Fahrzeughersteller sich und ihren Kunden von der neuen Batterietechnologie. Doch noch sind viele Fragen um die Superbatterie offen: Kommt sie überhaupt? Und wenn ja: Wann?

## WETTBEWERB DER WELTKONZERNE

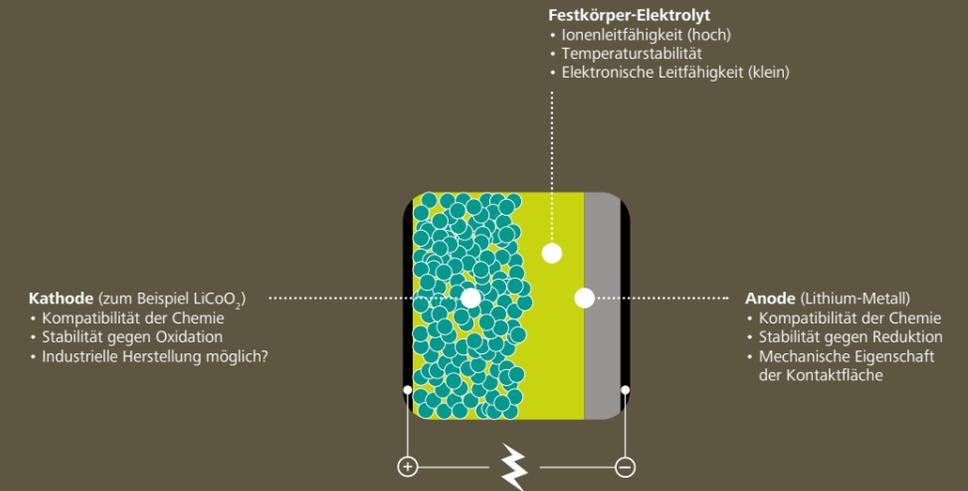
Das Firmenkonsortium Renault-Nissan kündigte im April 2022 eine Pilotproduktion für Feststoffbatterien ab 2024 an; ab 2028 soll ihr erstes Auto mit dieser Batterietechnologie auf den Markt kommen. Der VW-Konzern investiert in das US-Feststoffbatterien-Start-up «Quantumscape». Und auch Toyota, Ford, BMW und Mercedes-Benz sind ins Wettrennen eingestiegen und investieren in Feststoffbatterien-Start-ups. Ein höchst kompetitives Feld voller grosser Namen also, in dem sich die Empa-Batterieforschung bewegt. In Dübendorf

forschen gleich mehrere Teams der Forschungsabteilung «Materials for Energy Conversion» an dieser Batterietechnologie der nächsten Generation.

Das Potential sei immens, sagt Corsin Battaglia, der die Abteilung leitet. Die Technologie der flüssigkeitsbasierten Lithium-Ionen-Batterie sei bald weitgehend ausgereizt. Eine Speicherkapazität von rund 750 Wattstunden (Wh) pro Liter Batterievolumen lasse sich mit der aktuellen Technologie maximal erreichen. Das liegt an der voluminösen Anode, die in jeder Batteriezelle steckt: Sie besteht aus Graphit mit darin eingelagerten Lithium-Ionen.

Feststoffbatterien dagegen sollen eine Speicherkapazität von über 1200 Wattstunden pro Liter erreichen. Und die Zelle kann erst noch kompakter gebaut werden, denn statt Graphit lässt sich Lithium Metall als Anode verwenden. Zudem sind solche Batterien temperaturfest bis weit über 100 Grad Celsius. Das Batteriemanagementsystem, das die Tem-

## Die Hürden auf dem Weg zur Feststoffbatterie



## Auf einen Blick: Vorteile und Nachteile der vier wichtigsten Feststoffelektrolytsysteme



Grafik: L. Duchene, A. Remhof, H. Hagemann, C. Battaglia; Status and prospects of hydroborate electrolytes for all-solid-state batteries; Energy Storage Materials (2020); DOI: 10.1016/j.ensm.2019.08.032.

Grafik: Empa



**MATERIALDESIGN**  
Batterieexperte Corsin Battaglia analysiert Messergebnisse von Feststoffbatterien.

peratur der Zellen überwacht, kann also einfacher werden, und auch die Kühlung etwa beim Schnelladen ist weniger aufwendig. Feststoffzellen sind also kleiner, leistungsstärker und schneller ladbar.

#### DIE QUADRATUR DES KREISES

Doch der Umstieg zur Batterietechnologie der nächsten Generation ist selbst für Weltkonzerne mit Milliardenbudget kein Spaziergang. Welche Hürden die Feststoffbatterietechnologie bietet, weiss der Empa-Forscher Arndt Remhof aus Battaglias Abteilung (siehe auch Grafik Seite 19): «Das Material,

das wir suchen, muss verschiedene Eigenschaften gleichzeitig erfüllen», so Remhof. «Zuerst sollte es ein sehr guter Ionenleiter sein, aber zugleich ein sehr guter elektronischer Isolator.» Eine gute Ionenleitfähigkeit ist notwendig für die Leistungsfähigkeit der Batterie. Die tiefe elektronische Leitfähigkeit ist wichtig, damit sich die Zelle nicht selbst entlädt.

Und Remhof zählt gleich noch weitere Anforderungen auf: «Um die Energiedichte der bestehenden Li-Ionen-Technologie zu übertreffen, muss der Elektrolyt stabil gegen Lithium-Metall sein.»

Er muss also gegen chemische Reduktion stabil sein. Zugleich muss der Elektrolyt beim Kontakt mit der Kathode stabil gegen Oxidation sein. Nur dann lassen sich Kathoden mit hohen elektrischen Potentialen einsetzen und die gewünschten, hohen Zellspannungen erreichen.

#### IMMER IN BEWEGUNG

Zudem sollte der Feststoffelektrolyt auch stabil gegen Alterungsprozesse sein – vor allem sollten sich an der Kontaktfläche zwischen der Lithium-Anode und dem Elektrolyten keine Risse oder Poren bilden. Das Problem dabei: Bei jedem Lade- und Entladevorgang ändert sich das Volumen der Anode. Das Innere einer Festkörperbatterie ist also während ihrer ganzen Lebensdauer in Bewegung. All diese Veränderungen muss der Elektrolyt überstehen.

Schliesslich neigt metallisches Lithium beim Laden und Entladen der Batterie zur Bildung von Dendriten, feinen Lithium-Filamenten, die von der Lithium-Anode bis zur Kathode wachsen und so einen Kurzschluss verursachen können. Das ist auch der Grund, warum der Einsatz von Lithium-Metall Anoden in herkömmlichen, flüssig gefüllten Li-Ionen-Akkus nicht möglich ist. Selbstverständlich soll der gesuchte Feststoffelektrolyt auch die Bildung dieser Dendriten verhindern.

#### LÖSUNG AUF ZWEI WEGEN

Die Forscherteams an der Empa versuchen mit zwei verschiedenen Ansätzen, die Probleme zu lösen. Ein Team arbeitet an Polymer-Feststoffelektrolyten. Hier erzielten die Forschenden Anfang 2022 einen bemerkenswerten Durchbruch: Zusammen mit einem Industriepartner entwickelten sie einen Polymer-Elektrolyten, basierend auf polymerisierten Salzen, mit einer hohen Ionenleitfähigkeit bei Raumtemperatur, der sowohl im Kontakt mit metallischem Lithium

sowie mit Kathodenmaterialien mit hohem Potential stabil ist und Temperaturen bis zu 300 Grad Celsius aushält. Dazu ist dieser Elektrolyt auch noch sehr leicht, nur etwa 1,3-mal schwerer als ein Flüssigelektrolyt. Versuche mit Labor-Batteriezellen von der Grösse einer Zwei-Franken-Münze waren bereits erfolgreich. Grössere Zellen sollen nun in einem von der EU finanzierten Projekt entwickelt werden.

Beim zweiten Ansatz entwickeln die Empa-Forscher Feststoffelektrolyte aus Hydroboraten. «Wir haben bereits 2019 eine Erfindung zum Patent angemeldet, die es uns erlaubt, diese Elektrolyte aus einer Lösung zu kristallisieren», erläutert Remhof. Dies ermöglicht die Herstellung von Feststoffbatterien mit Verfahren, die sich auch für die Massenproduktion eignen. Auch diese Elektrolyte weisen eine hohe Ionenleitfähigkeit, eine hohe Stabilität im Kontakt mit metallischem Lithium sowie eine hohe thermische Stabilität auf und sind in etwa gleich schwer wie ein flüssiger Elektrolyt. 2020 ist es den Forschern gelungen, eine 4-Volt-Feststoffbatterie zu demonstrieren. Zum Vergleich: Aktuelle, flüssig gefüllte Lithium-Ionen-Zellen arbeiten mit Spannungen von 4 Volt.

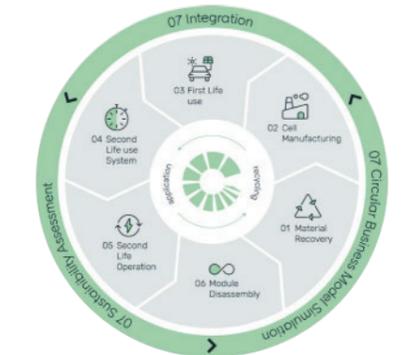
Nach so vielen Erfolgsmeldungen eine naheliegende Frage: Wo ist das Problem? Warum produziert niemand schon heute diese Batterie? «Zum einen sind unsere Forschungsergebnisse noch recht neu; zum anderen gibt es bis jetzt noch keine günstige Grossproduktion für solche hochreinen Hydroborate», antwortet Empa-Forscher Remhof. Diese wird zurzeit zusammen mit einem Industriepartner entwickelt, der auch bereits eine Grossproduktionsanlage plant. ■

Mehr Informationen zum Thema finden Sie unter: [www.empa.ch/web/s501](http://www.empa.ch/web/s501)

Foto: Gian Vaitl / Empa

Grafik: circubat.ch

## CIRCUBAT VERBESSERT ÖKOBILANZ



#### GANZHEITLICH

CircuBAT umfasst sieben Teilprojekte vom Produktionsprozess bis zum Recycling.

Das Forschungsprojekt CircuBAT will den Kreis zwischen Produktion, Anwendung und Recycling von Lithium-Ionen-Batterien aus der Mobilität schliessen. Dafür suchen sieben Schweizer Forschungsinstitutionen sowie 24 Unternehmen gemeinsam nach Optimierungsmöglichkeiten für mehr Nachhaltigkeit in allen Lebensabschnitten der Batterie. Das Projekt ist Teil der neu lancierten Flagship-Initiative der Förderagentur Innosuisse. Ziel des Projektes ist es, in den nächsten vier Jahren ein zirkuläres Geschäftsmodell für Lithium-Ionen-Batterien aus der Mobilität zu etablieren.

#### TEILPROJEKTE UNTER LEITUNG DER EMPA

Von den sieben Teilprojekten werden drei von Empa-Forschenden geleitet. Das Teilprojekt «Herstellung von Batteriezellen» unter Leitung von Corsin Battaglia soll den Herstellungsprozess energiesparender gestalten. Der bei Weitem energieintensivste Schritt bei der Herstellung einer Lithium-Ionen-Batteriezelle ist die Trocknung der Batterie-Elektrode nach der Beschichtung. Durch eine trockene Elektrodenbeschichtung falle dieser Schritt weg, was zu erheblichen Energie- und Kosteneinsparungen führen würde. Das Teilprojekt «Materialrückgewinnung», geleitet von Rolf Widmer, verfolgt das Ziel, ein von Kyburz Switzerland entwickeltes Recyclingverfahren zu optimieren und weiterzuentwickeln. Die brennbaren Elemente der Batterie werden dabei in einem Wasserbad getrennt. So sollen Kupfer, Aluminium, Lithium, Mangan, Nickel und Kobalt in bester Qualität zurückgewonnen werden, um sie für die Produktion neuer Batterien einsetzen zu können. Infos unter: [circubat.ch](http://circubat.ch) ■

# Starthilfe für die Talente von morgen.



Machen Sie den Unterschied!  
Unterstützen Sie den  
Empa Zukunftsfonds «Talente».  
[empa.ch/zukunftsfonds](https://empa.ch/zukunftsfonds)



Foto: Felix Wey / Empa

# ER MACHT ES UNS LEICHT

Der gebürtige Belgier Wim Malfait ist ausgebildeter Geologe und suchte im Auftrag einer Bergbau-gesellschaft einst nach Gold. Heute leitet er die Abteilung «Building Energy Materials and Components», die unter anderem superleichte Aerogel-Dämmstoffe und Materialien mit Wärmetauschfähigkeit entwickelt. Energiesparen als gesellschaftliche Aufgabe – das ist ihm wichtiger als Gold.

Text: Noé Waldmann



**KREATIV**  
Wim Malfait entwickelt Dämmstoffe und Sorptionsmaterialien zum Energiesparen.

Als Jugendlicher hat Wim Malfait in den Ferien gerne Steine gesammelt und als Memento mitgenommen. Besonders Vulkanstein hat den jungen Wim Malfait fasziniert. Dabei fand er schon damals die Materialseite interessant. Nach den abschreckenden Vorbereitungen auf die Matheolympiade als Jugendlicher folgte Wim Malfait lieber seinem Hobby und schrieb sich für ein Geologie-Studium an der Universität Ghent ein. Im Masterprogramm landete er prompt in der Vulkanforschung. Mit seinen Mitstudierenden hat Wim Malfait dort unter den gleichen Bedingungen wie im Erdinneren an Magma geforscht – also unter hohem Druck und bei Temperaturen bis 1300 Grad Celsius. Aus dieser Zeit stammt sein Fachwissen im Bereich Silikatschmelze und im Umgang mit Messgeräten, insbesondere der NMR-Spektroskopie.

Nach dem Master machte Wim Malfait eine Verschnaufpause in der Privatwirtschaft. Abseits jeglicher Zivilisation arbeitete Wim Malfait für ein Bergbau-Unternehmen, das nach Gold suchte. Der harsche Umgang mit den Menschen, und der Mangel von gesellschaftlichem Nutzen bei der Jagd nach Gold («Wenn es doch wenigstens Kupfer gewesen wäre...») liessen den jungen Geologen aber schnell das Weite suchen. Was er mitgenommen hat, ist das Wissen, dass Erfolg durch kollektive Zielorientiertheit forciert werden kann. Danach arbeitete Wim Malfait noch kurz in der Bodensanierung, wo die rigiden Vorgaben wie überspitzter Formalismus auf ihn wirkten. Also ver schlug es ihn zurück in die Forschung.

#### DIE PASSENDE MISCHUNG

Eine Doktorandenstelle zog Wim Malfait dann zur ETH Zürich, wo er weiter im Bereich Silikatschmelze forschte. Mit seinem damaligen Doktorvater hat



**AEROGEL**  
Wim Malfait demonstriert mit seiner Hand, wie wasserabweisend ein Coating mit Aerogel sein kann. Unten: Planungsgespräch mit einer Mitarbeiterin seines Teams



Wim Malfait seinen eigenen Aussagen nach das grosse Los gezogen. «Es war das ideale Verhältnis zwischen aktivem Interesse und passivem Raum-lassen», sagt Wim Malfait heute.

An die Empa kam er von der ETH Zürich über ein Forschungsprojekt in der Abteilung «Building Energy Materials and Components». Beim damaligen Abteilungsleiter Matthias Köbel hat Wim Malfait ein ähnliches Verhältnis zwischen Unterstützung und Freiheit gefunden. Und sein Wissen über Metall-Glas-Verbunde hat ihn zu einem wertvollen Mitarbeiter für die Abteilung gemacht.

Durch die Expertise mit Silikat-Schmelze konnte Wim Malfait zur Entwicklung eines neuen kostengünstigeren Prozesses zur Herstellung von Aerogel beitragen. Nach etwas mehr als einem Jahr an der Empa wurde Wim Malfait zum Gruppenleiter. Und als Matthias Köbel sich seinem Spin-Off, der Siloxene AG, widmete und die Empa verliess, trat Wim Malfait seine Nachfolge an.

#### WICHTIGE GESELLSCHAFTLICHE AUFGABE

Als Abteilungsleiter hat Wim Malfait praktisch ausgelegte Ziele. Seine Mission für die Abteilung ist klar: Einen Beitrag leisten, damit der Energieverbrauch von

## WIM MALFAIT

**WERDEGANG:** Zunächst Umweltgeologe und Prospektor für Bodenschätze, Promotion an der ETH Zürich, danach ein Jahrzehnt Forschung an Schmelzen und Vulkanen. Seit 2013 an der Empa.  
**FORSCHUNG:** Hauptziel ist es, den Energiebedarf fürs Heizen und fürs Kühlen von Gebäuden zu reduzieren, indem man neue Hochleistungsdämmstoffe und -sorptionsmittel entwickelt – bevorzugt auf Basis von Biomasse.

Gebäuden abnimmt. Dabei geht es nicht nur um den Schwerpunkt Dämmstoffe, sondern auch um Sorptionsmaterialien, also Materialien mit Wärmetauschfähigkeit. Für die gesamtgesellschaftliche Energiebilanz spielt das Heizen und Kühlen von Gebäuden eine wesentliche Rolle. «Für mich zeichnet sich Forschung an der Empa darüber aus, dass man einen Impact auf die Gesellschaft haben will – und haben soll.»

Mittlerweile ist die Empa, und auch die Schweiz, für Wim Malfait zur Heimat geworden. Mit seiner Frau und seinen beiden Söhnen verbringt er zum Ausgleich so viel Freizeit wie er kann in der Natur.

#### «SAVE TO FAIL»-KULTUR BEIM FORSCHEN

Der schnellste Weg zu Bekanntheit in akademischen Fachkreisen ist, wie überall, die Veröffentlichung positiver

Resultate. Dabei ist Wim Malfait für sein Team wichtig, dass negative Resultate keine Niederlagen darstellen. Wichtiger als der reine Erfolg sei, dass Forschende ihre eigenen Ideen verfolgen können. «Nur durch ein offenes Klima für kreative Ideen und eine «Save to Fail»-Kultur kommen die Forschenden mit unkonventionellen Hypothesen hervor, aus denen sich ganze Abteilungen entwickeln können», sagt Wim Malfait. Darum sei es auch kein Problem, wenn sich ein Experiment – oder auch mal zwei, drei Monate Forschung – als Sackgasse erweisen. Das gelte es auch auszuhalten.

#### GENIESSEN, WENN ES GUT LÄUFT

Die Wissenschaft als Karriere zu verfolgen bringt emotional gewisse Eigenheiten mit sich. Für ambitionierte Nachwuchsforschende sei nicht nur Forschungsinteresse, Durchhaltewille und eine gewisse Zielstrebigkeit wichtig, sondern auch eine gute Portion emotionale Resilienz. «Man soll geniessen, wenn es gut läuft», findet der Abteilungsleiter, «aber man sollte auch nicht bei jeder Publikation in totale Euphorie ausbrechen oder bei jedem Paper, das abgelehnt wird, in eine Depression fallen.»

Auch Messgeräte können für grosse Emotionen sorgen – und nicht nur für positive. So arbeitete Wim Malfait jahrelang mit Festkörper-MNR-Spektroskopie. Dieses Gerät hat Wim Malfait über seine gesamte Forschungslaufbahn

bis heute an der Empa begleitet. «Es ist wie ein Geschwister, das ich nie haben wollte», sagt der Wissenschaftler mit einem Schmunzeln. Von harmonischer Zusammenarbeit bis zu totalem Unverständnis und Frust sei da alles dabei.

#### ZUSAMMENARBEIT ALS ERFOLGSBAUSTEIN

Als eher junge Abteilung sind Malfait und sein Team auf Zusammenarbeit innerhalb und ausserhalb der Empa angewiesen. Sei dies beim Röntgen, bei der Endoskopie oder bei anderen Messungen, es gibt innerhalb der Empa einen regen Austausch von Geräten, Expertise und sogar Projektideen. Es ist eine der Gründe, warum es Wim Malfait an der Empa so gut gefällt. Der erste Reflex bei Anfragen in anderen Abteilungen sei immer: «Ja, das sollten wir machen.» «Meine Abteilung wird hervorragend unterstützt, von der Administration über die Technik bis hin zur Sonderanfertigung von Teilen», sagt Malfait.

Wim Malfait gefällt es also ausgesprochen an der Empa – und er ist beruflich wie privat angekommen. Als Abteilungsleiter ist Wim Malfait zwar nicht mehr ganz so frei, wie als Forscher. Er kann sich nicht mehr aus reiner Neugier treiben lassen, und will die Ziele der Abteilung – das Entwickeln und Verbessern von Dämm- und Sorptionsmaterialien zum Wohle der Gesellschaft – nicht aus den Augen verlieren. Aber, was Wim Malfait im Gegenzug für den Verlust an Freiheitsgraden erhält, ist das Wissen, dass man gesellschaftlich relevante Forschung betreibt und die kommende Generation von Forschenden in ihrer Entwicklung unterstützt. Und dieses Wissen ist eine ganz eigene Genugtuung. ■

#### WIM MALFAITS TEAM

Die Abteilung «Building Energy Materials and Components» umfasst etwa 25 Forschende und arbeitet unter anderem an Hochleistungsdämmstoffen. Aerogel-Dämmstoffe für Gebäude bieten eine äusserst effiziente Wärmeisolation und hätten ein gewaltiges Wachstumspotenzial auf dem Markt. Aber aufgrund der hohen Kosten wird Aerogel nie

herkömmliche Materialien wie Mineralwolle ersetzen können. Eine günstigere Lösung, die nachhaltig ist, muss also her. Denn nur durch den Schritt von der Nische zur Masse können Forschungsergebnisse ihre volle Wirkung entfalten. Das Team von Wim Malfait sucht daher nach ressourcenschonenden Dämmstoffen aus Bioabfällen, die eine ähnliche Dämmleistung wie herkömmliche Materialien erbringen.

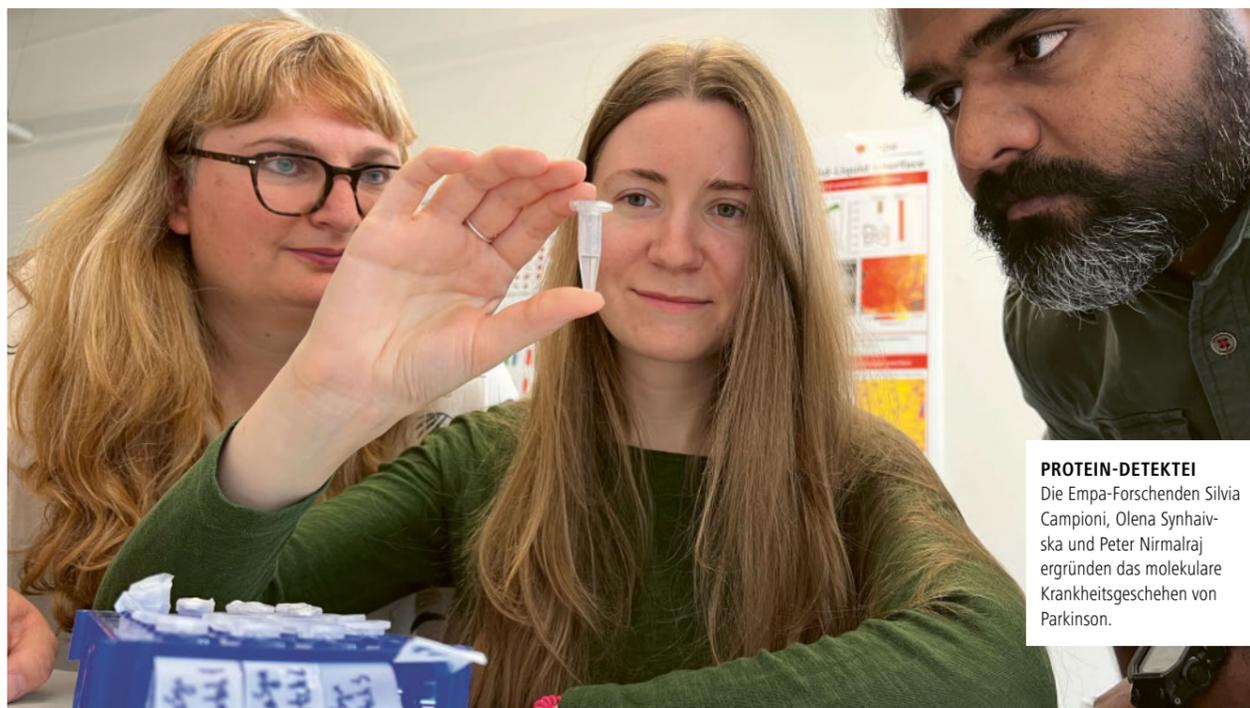
Mehr Informationen zum Thema finden Sie unter: [www.empa.ch/web/s312](http://www.empa.ch/web/s312)

Fotos: Felix Wey / Empa

# KUPFER UNTER VERDACHT

Kupferbelastungen in der Umwelt und das Eiweiss Alpha-Synuclein im Gehirn könnten eine wichtige Rolle im Krankheitsgeschehen der Parkinson-Krankheit spielen: das körpereigene Protein nimmt unter Einfluss von Kupfer-Ionen eine ungewöhnliche Gestalt an. Diese Erkenntnisse könnten helfen, neue Strategien für die Behandlung von neurodegenerativen Erkrankungen zu entwickeln.

Text: Andrea Six



**PROTEIN-DETEKTEI**  
Die Empa-Forschenden Silvia Campioni, Olena Synhaivska und Peter Nirmalraj ergründen das molekulare Krankheitsgeschehen von Parkinson.

Die Ursachen der Parkinson-Krankheit sind bisher nicht vollständig geklärt. Lange bevor bei Betroffenen das typische Muskelzittern einsetzt, könnte das Auftauchen von fehlerhaften Proteinen im Gehirn ein erstes Anzeichen sein. Die abnorme Gestalt dieser Alpha-Synucleine in Form von Eiweiss-Ringen haben Forschende

der Empa und der irischen University of Limerick nun genauer unter die Lupe genommen. Hierbei gelangen ihnen Einblicke im Nanobereich in den Zusammenhang des Proteins mit Umweltbelastungen durch Kupfer im Nanobereich sichtbar machen. Dies wirft ein neues Licht auf die Entstehung der neurodegenerativen Erkrankung und die Rolle von Biometallen im Krankheitsprozess.

Zudem könnten die Erkenntnisse Möglichkeiten bieten, die Früherkennung und die Therapie zu verbessern.

## VERDÄCHTIGE METALL-IONEN

Über das Krankheitsgeschehen von Parkinson ist bisher bekannt, dass bestimmte Nervenzellen im Gehirn absterben, was einen Mangel des Botenstoffs Dopamin zur Folge hat.

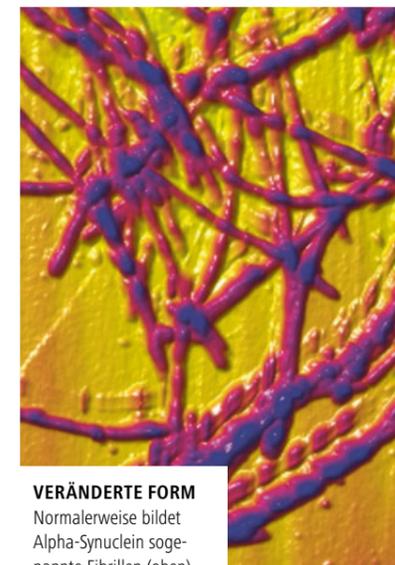
Im Hauptstadium der Erkrankung kommt es darum zu Muskelzittern und Muskelstarre bis hin zur Bewegungslosigkeit. Das langsam fortschreitende Leiden ist nach der Alzheimer-Krankheit die zweithäufigste neurodegenerative Erkrankung der Welt. Umweltfaktoren wie Pestizide oder Metalle könnten das Auftreten von Parkinson begünstigen.

Das Team um Empa-Forscher Peter Nirmalraj vom «Transport at Nanoscale Interfaces» Labor geht diesem Verdacht mit bildgebenden Verfahren, chemischer Spektroskopie und Computersimulationen nach. Dabei haben die Forschenden ein Protein ins Visier genommen, das an mehreren molekularen Prozessen bei der Parkinson-Entstehung beteiligt ist: Alpha-Synuclein. Bei Betroffenen verklumpt dieser körpereigene Eiweissstoff und lässt Nervenzellen absterben. Die Forschenden vermuten, dass Kupfer in hohen Konzentrationen in diese Prozesse eingreift und das Krankheitsgeschehen beschleunigt.

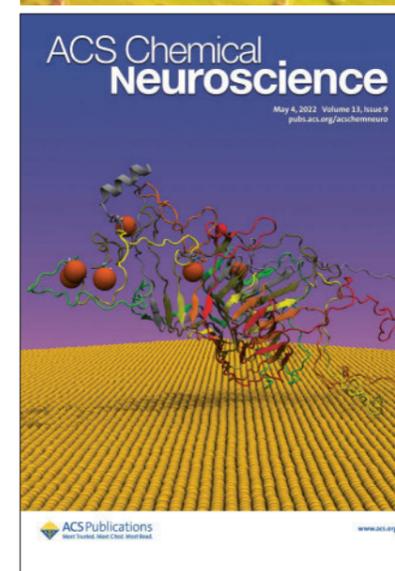
## RINGE DES BÖSEN

Um die Verklumpung des Alpha-Synucleins im Nanometerbereich sichtbar zu machen, stellte Empa-Forscherin Silvia Campioni vom «Cellulose & Wood Materials» Labor das Protein künstlich her. Mittels Rasterkraftmikroskopie konnten die Forschenden das zunächst in einer Flüssigkeit gelöste Eiweiss daraufhin über zehn Tage dabei beobachten, wie es einzelne unlösliche fädige Strukturen ausbildet, um schliesslich zu einem dichten Netz aus Fibrillen zu verklumpen. Anhand der Bilder lässt sich die Umwandlung des löslichen Eiweisstoffs zu verklumpten Fasern von rund 1 Mikrometer Länge, wie sie im Krankheitsprozess auftreten, in beeindruckender Präzision im Labor nachbilden.

Wurden der Eiweisslösung zusätzlich Kupfer-Ionen zugefügt, erschienen



**VERÄNDERTE FORM**  
Normalerweise bildet Alpha-Synuclein sogenannte Fibrillen (oben). In kupferhaltiger Lösung bilden sich stattdessen ringförmige Strukturen aus (unten).



ausserdem gänzlich andere Strukturen im Mikroskop: Etwa 7 Nanometer kleine, ringförmige Eiweissgebilde, sogenannte Oligomere, tauchten innerhalb weniger Stunden im Reagenzglas auf. Die Existenz derartiger ringförmiger Oligomere und ihre zellschädigende Wirkung sind bereits bekannt. Zusätzlich traten die längeren Faserstrukturen früher in Erscheinung als in einer Kupfer-freien Lösung.

«Einerseits scheinen hohe Dosen an Kupfer den Aggregationsprozess zu beschleunigen», sagt Peter Nirmalraj. Darüber hinaus entstehe aber unter Kupfereinwirkung relativ schnell die ungewöhnliche ringförmige Eiweissgestalt, die möglicherweise den Beginn des krankhaften Geschehens markiere oder dieses gar auslöse. Die Bindung von Kupfer-Ionen an Alpha-Synuclein hatten die Forschenden der University of Limerick um Damien Thomson darüber hinaus mittels molekular-dynamischen Computersimulationen in winzigen Schritten von 10 bis 100 Nanosekunden analysiert.

## FRÜHZEITIG TESTEN

Da die Oligomer-Ringe ganz am Anfang der Eiweiss-Verwandlung entstehen, könnten die Ringe als Ziel für neue Therapieansätze genutzt werden, hofft Nirmalraj. Zudem könnten die Erkenntnisse helfen, die Entwicklung eines Parkinson-Tests voranzutreiben, mit dem die Krankheit in einem frühen Stadium in Körperflüssigkeiten etwa mittels Proben aus der Rückenmarksflüssigkeit nachgewiesen werden könnte. ■

Mehr Informationen zum Thema finden Sie unter: [www.empa.ch/web/s405](http://www.empa.ch/web/s405)



**SONNENBLUMEN-GESELLSCHAFT**  
Den Energiebedarf am Sonnenstand auszurichten, führt schneller zum nachhaltigen Energiesystem.

# IMMER DER SONNE NACH

Die Erderwärmung auf 1,5 Grad zu begrenzen, erfordert einen möglichst raschen Umbau des Energiesystems. Doch die Geschwindigkeit dieses Umbaus ist physikalisch begrenzt. Eine Empa-Studie berechnet nun den Einfluss von Energiespeichern auf die maximal mögliche Transitionsgeschwindigkeit – und damit auch auf die Wahrscheinlichkeit, die Klimakrise erfolgreich zu meistern.

Text: Harald Desing

**D**er Bau von Infrastruktur für ein erneuerbares Energiesystem wie Solarpaneele und Batterien benötigt selbst viel Energie. Sie kann zu Beginn der Transition hin zu einer klimafreundlichen Gesellschaft nur aus dem existierenden, überwiegend

fossilen Energiesystem kommen – und verursacht daher CO<sub>2</sub>-Emissionen. Der Umstieg gelingt aber umso schneller, je mehr fossile Energie und damit Emissionen am Anfang «investiert» werden – und, noch wichtiger: Unter dem Strich gelangen damit insgesamt weniger Klimagase in die Umwelt.

Bei Szenarien zum Umbau der Energiewirtschaft spielen Speicher eine wichtige Rolle – von Batterien über Pumpspeicherkraftwerke bis zu synthetischen Treibstoffen aus erneuerbaren Quellen. Baut und betreibt man sie zusätzlich zur solaren Infrastruktur auf Dächern und Fassaden, erhöht sich der Energiebedarf

Fotos: iStockphoto

für die Transition. Szenarien von Forschenden der Empa-Abteilung «Technologie und Gesellschaft» zeigen nun: Je mehr Speicher errichtet werden, desto länger dauert der Systemumbau und desto höher sind die Gesamtemissionen an Treibhausgasen – abhängig freilich von den verwendeten Technologien und vom technologischen Fortschritt.

## BERECHNUNGEN ZU ERFOLGSAUSSICHTEN

Ein Beispiel: Wollten wir unsere heutigen Gewohnheiten der Energienutzung beibehalten, müssten weltweit etwa 60 Prozent der Solarenergie-Ausbeute gespeichert werden – und die Speicher unter dem Strich gross genug sein, um etwa drei Wochen lang den gesamten Energiebedarf der Welt zu liefern. Selbst unter extrem optimistischen Annahmen würde in diesem Szenario das 1,5-Grad-Ziel mit mindestens 50-prozentiger Wahrscheinlichkeit überschritten.

Der Speicherbedarf lässt sich durch technische Massnahmen allerdings erheblich senken. Zum Beispiel erlauben es die Elektrifizierung von Gebäudeheizungen und intelligente Gerätesteuerungen in vielen Fällen, den Bedarfsverlauf zu flexibilisieren, ohne dabei das Energieverhalten ändern zu müssen. Ein solches Szenario könnte den Speicherbedarf bereits etwa halbieren.

Für das 1,5-Grad-Ziel würde das heissen: Im besten Fall wird es nur mit einer Wahrscheinlichkeit von 14 Prozent überschritten – nämlich dann, wenn für die Energiespeicherung vor allem effiziente Pumpspeicher-Kraftwerke mit hohem Wirkungsgrad zum Einsatz kommen. Würde man hingegen viel Energie in synthetischen Treibstoffen auf heutigem technischen Niveau mit niedrigem Wirkungsgrad speichern, wäre das Ziel kaum erreichbar. Zum Vergleich: Eine Energiewirtschaft, die kaum Speicher benötigt, könnte die

Wahrscheinlichkeit, die 1,5 Grad zu überschreiten, auf 3 Prozent senken.

## DIE SONNENBLUME ALS VORBILD

Energiespeicher haben also einen fundamentalen Einfluss auf die Dynamik der Transition und deren Klimafolgen: Je weniger Speicher benötigt werden, desto schneller können wir auf fossile Energieträger verzichten. Das erfordert freilich einen Paradigmenwechsel: weg vom bedarfsgetriebenen Energiesystem, in dem jeder Energie brauchen kann, wann er will. Und hin zu einem Energiesystem, das sich nach dem Lauf der Sonne richtet.

Der Grundgedanke dieser «Sonnenblumen-Gesellschaft»: Verbraucher wie Industrie, Verkehr, Haushalte und öffentliche Einrichtungen konzentrieren ihre energieintensiven Aktivitäten, wenn irgend möglich, um den Mittag und in den Sommer. In der Nacht und im Winter werden sie hingegen minimiert.

## STUDIE: «SUNFLOWER SOCIETY»

In der Empa-Studie wurde der globale Umbau des Energiesystems durch Berücksichtigung von Rückkopplungen in der Energiebilanz untersucht. Das globale Energiesystem wurde dabei im entwickelten Modell rechnerisch in zwei Teile, sogenannte Maschinen, zusammengefasst: eine fossile Maschine, also das heutige Energiesystem, und eine solare, also das zukünftige System inklusive Energiespeicher. Beide Maschinen liefern Energie an die Gesellschaft. Doch die Solarmaschine muss zuerst durch den Einsatz von zusätzlicher

Denkbare Massnahmen wären zum Beispiel, den «aktiven» Energiebedarf durch «passiven» zu ersetzen. Also zum Beispiel effiziente Gebäudedämmungen fördern statt Heizungen, die im Winter besonders negativ zu Buche schlagen. Diese Dämmungen herzustellen, benötigt zwar Energie, doch sie liessen



**SEHR HILFREICH**  
Eine effiziente Gebäudedämmung senkt den aktiven Energiebedarf.

sich in Zeiten eines Energieüberschusses produzieren. Oder auf Transportmittel wie Trolleybusse umsteigen, die keine Speicher benötigen. Auch simple Verhaltensänderungen können einen Beitrag leisten, indem etwa die Waschmaschine zur Mittagszeit betrieben wird.

Fazit: Konsequenter umgesetzt, hätte die Sonnenblumen-Gesellschaft das Potenzial, Klimarisiken deutlich zu minimieren und den Umbau des Energiesystems erheblich zu beschleunigen.

Energie erstellt bzw. gebaut werden. Abhängig von der Höhe der fossilen Investition, der Reinvestition von solarer Energie während der Transition, der Speichertechnologie unter Berücksichtigung des technischen Fortschritts sowie der Grösse des benötigten Speichers ergeben sich Szenarien mit unterschiedlich schnellen Transitionsphasen und CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die Studie wurde vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF) im Rahmen des Projekts «Laboratory for Applied Circular Economy» im Nationalen Forschungsprogramm (NFP) 73 «Nachhaltige Wirtschaft» finanziert.

Das würde nicht nur beim Klimaschutz helfen, sondern auch Ressourcen schonen und Kosten senken, denn Energiespeicher sind obendrein materialintensiv und teuer. ■

Mehr Informationen zum Thema finden Sie unter: [www.empa.ch/web/s506/care](http://www.empa.ch/web/s506/care)

## DIE EMPA AM WEF



**INFORMATION**  
Empa-Forscher Jakob Heier erläutert die Herstellung von innovativen Gelenkimplantaten mittels «Advanced Manufacturing».

«How to best serve Switzerland» – das sei die Frage, die hinter zahlreichen Forschungsprojekten und Innovationen aus den Institutionen des ETH-Bereichs stecke, so Michael Hengartner, Präsident des ETH-Rats, am Rande des «World Economic Forum» (WEF). Antworten darauf erhielten Bundesrat Guy Parmelin und rund 60 weitere hochrangige Gäste aus Politik, Forschung und Wirtschaft an einer Veranstaltung am WSL-Institut für Schnee und Lawinenforschung SLF in Davos.

Forschende der sechs Institutionen stellten an sechs Posten ihre Projekte und ihre innovativen Forschungsergebnisse vor. Empa-Forscher Jakob Heier präsentierte den interessierten Teilnehmenden rund ein Duzend Produkte aus den verschiedensten Materialien, die mittels fortschrittlicher Fertigungstechnologien – oder «Advanced Manufacturing», kurz: AM – wie des 3D-Drucks hergestellt wurden, etwa patientenspezifische Implantate, bioabbaubare Mini-Batterien aus Zellulose und gedruckte Sensoren auf Papier und Textilien.

[www.empa.ch/web/s604/wef-2022](http://www.empa.ch/web/s604/wef-2022)

## DIE EMPA AM STRASSENRAND

Autos, die autonom fahren, sollen in einigen Jahren Alltag sein. Doch: Wie werden Menschen zu Fuss auf automatisierte Fahrzeuge reagieren? Und wie gestaltet man für alle Verkehrsteilnehmenden ein nachhaltiges und sicheres Mobilitätssystem? Ein Projekt von EBP, Empa und Fussverkehr Schweiz untersucht die Interaktion von Fussgängerinnen und Fussgängern mit Fahrzeugen, die mit einem automatisierten Einparkassistenten ausgestattet sind. Die Expertinnen und Experten der Empa bringen in diesen sozialwissenschaftlichen Pilotversuch das fahrzeugtechnische Know-how ein. An zwei Testtagen wurden in der Gemeinde Thalwil neben Verhaltensbeobachtungen auch Interviews mit Passantinnen und Passanten durchgeführt.

[www.empa.ch/web/s504](http://www.empa.ch/web/s504)



**BEOBACHTUNG**  
Die Interaktion von Fussgängern und autonom parkierenden Autos im Fokus: Empa-Forschende am Pilotversuch in Thalwil

Fotos: Luzia Schär / Empa

Foto: Empa

## DIE EMPA AM ZÜRICHSEE



**VORBEREITUNG**  
Constanca Rosa, Forscherin am Imperial College London, präpariert die MEDUSA-Drohne für den Start.

Eine neue «duale» Drohne kann sowohl fliegen, als auch auf dem Wasser landen, um aquatische Proben zu nehmen und etwa die Wasserqualität zu überwachen. Die Drohne wurde von Forschenden des Imperial College London und der Empa entwickelt und gemeinsam mit Forschenden der Eawag auf dem Zürichsee getestet. Die einzigartige Konstruktion namens «Multi-Environment Dual Robot for Underwater Sample Acquisition» – kurz MEDUSA – könnte auch die Überwachung und Wartung von Offshore-Infrastrukturen wie Unterwasserpipelines und schwimmenden Windkraftanlagen vereinfachen. «MEDUSA ist einzigartig in ihrer dualen Roboterkonstruktion, mit einer Flugkomponente, die es ermöglicht, schwer zugängliche Bereiche zu erreichen, und einer Tauchkomponente, die die Wasserqualität überwacht», erklärt Mirko Kovac, Direktor des «Aerial Robotics Lab» am Imperial College und Leiter des Robotik-Zentrums an der Empa. «Unsere Drohne vereinfacht die robotergestützte Unterwasserüberwachung erheblich, indem sie anspruchsvolle Aufgaben übernimmt, für die sonst Boote oder U-Boote erforderlich wären.»

[www.empa.ch/web/s604/medusa-drone](http://www.empa.ch/web/s604/medusa-drone)

## VERANSTALTUNGEN

29. – 31. AUGUST 2022  
**Swiss Battery Days 2022**  
**Zielpublikum:** Industrie und Wirtschaft  
<https://swissbatterydays.empa.ch/>  
Empa, Dübendorf

08. – 09. SEPTEMBER 2022  
**Kurs:** 3D-Drucken in der Medizintechnik  
**Zielpublikum:** Industrie und Wirtschaft  
[www.empa-akademie.ch/medizintech](http://www.empa-akademie.ch/medizintech)  
Swiss m4m Center, Bettlach

12. – 15. SEPTEMBER 2022  
**Biointerfaces International Conference (BIC)**  
**Zielpublikum:** Industrie und Wissenschaft  
[www.biointerfaces.ch](http://www.biointerfaces.ch)  
ETH, Zürich

29. SEPTEMBER 2022  
**Tage der Technik:** Elektromobilität – unterschätzter Baustein für die Energiewende?  
**Zielpublikum:** Wirtschaft und Industrie  
[www.tage-der-technik.ch/](http://www.tage-der-technik.ch/)  
Empa, Dübendorf

07. OKTOBER 2022  
**Kurs:** Energy Harvesting  
**Zielpublikum:** Industrie und Wissenschaft  
[www.empa-akademie.ch/harvesting](http://www.empa-akademie.ch/harvesting)  
Empa, Dübendorf

Die komplette Liste der Veranstaltungen finden Sie unter:  
[www.empa-akademie.ch](http://www.empa-akademie.ch)

THE PLACE WHERE INNOVATION STARTS.



Materials Science and Technology