

Empa Quarterly

FORSCHUNG & INNOVATION II #84 II JULI 2024

FOKUS: TAG DER OFFENEN TÜR

HERZLICH WILLKOMMEN

TAG DER
OFFENEN TÜR
Empa Dübendorf
14. September
2024

KERAMIK MIT FEINGEFÜHL
ERDBEBEN IM LABOR
BAUEN FÜRS KLIMA

[INHALT]

[FOKUS: TAG DER OFFENEN TÜR]



20



28



30



08



13

[FOKUS]

08 WILLKOMMEN
Zu Besuch in der Schweizer Innovations-schmiede

10 «MINING THE ATMOSPHERE»
«Beyond Zero»: Bauen fürs Klima

13 «ICOS CITIES»
Wieviel CO₂ setzt Zürich frei?

16 «SOFT ROBOTICS»
Keramik mit Feingefühl

18 ELEKTRO-MOBILITÄT
Laden ohne Kabel

20 MEDIZIN-TECHNOLOGIE
Sternenstaub im Badezimmer

22 QUANTEN-TECHNOLOGIE
Ein scharfer Blick fürs Unsichtbare

24 WÄRMESPEICHER
Forschen im Untergrund

26 BAUFORSCHUNG
Geschüttelt, nicht gerührt

28 SALZBATTERIE
Die Batterie, die dem Feuer trotzt

30 SPIN-OFF
Solarzellen aus dem Drucker

31 LERNENDE
Musik unter Hochspannung

[RUBRIKEN]

04 WISSEN IM BILD

06 IN KÜRZE

32 ZUKUNFTSFONDS
Rückenschmerzen auf den Grund gehen

34 UNTERWEGS



[TITELBILD]



Hier entsteht die Zukunft: Junge Forschende aus dem Empa-Labor «Cellulose & Wood Materials» in ihrem neuen Labor auf dem Forschungscampus «co-operate», wo sie an nachhaltigen und biologisch abbaubaren Materialien als Alternativen zu Plastik forschen. Von links: Carolina Reyes, Jorge Sanchez, Enrico Boschi, Luana Amoroso und (verdeckt) Ash Sinha. Bild: Marion Nitsch

[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

redaktion@empa.ch

www.empaquarterly.ch

VERÖFFENTLICHUNG

Erscheint viermal jährlich

PRODUKTION

anna.ettlin@empa.ch



ISSN 2297-7406

Empa Quarterly (deutsche Ausg.)

DIE WEICHEN GEMEINSAM STELLEN

Liebe Leserin, lieber Leser,

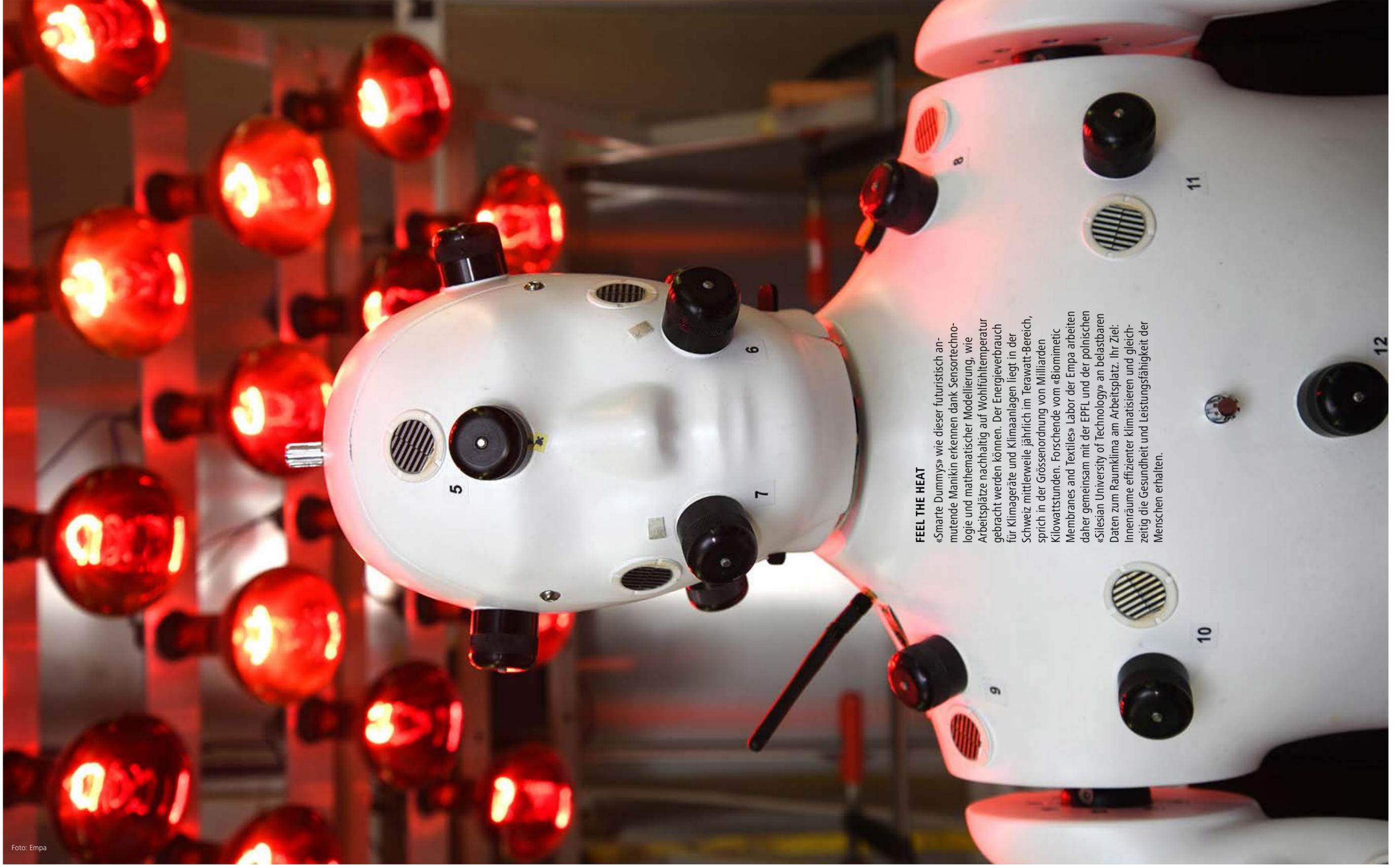


Energiemangel, Klimakrise, Abfallberge einer – schwindende Ressourcen anderer-seits, alternde Gesellschaft: komplexe Herausforderungen, die vor uns liegen. Die Forschung kann (und muss!) ihren Teil dazu beitragen und neue technologische Ansätze erarbeiten, etwa für eine nachhaltige, sichere Energieversorgung oder eine kreislauf-fähige Wirtschaft. Ob diese auf breite gesellschaftliche Akzeptanz stossen, steht freilich auf einem anderen Blatt. Dabei geht es im Kern um die Frage: Welche Nachteile sind wir bereit zu akzeptieren, um uns bestimmte Vorteile zu «erkaufen»? Und seien dies auch «nur» Verhaltensänderungen oder hohe Kosten, wie sie zugegebenermassen etwa beim Reinigen der Atmosphäre vom menschengemachten CO₂ gemäss der neuen Empa-Initiative «Mining the Atmosphäre» anfallen. Denn Letztere sind nichts Anderes als unsere nicht bezahlten «Recycling-gebühren», wenn wir das CO₂ beim Verbrennen fossiler Energieträger in die Luft blasen.

Dieser Diskurs muss alle gesellschaftlichen Akteure einschliessen, also transdisziplinär sein, und darf keinesfalls nur innerhalb der naturwissenschaftlich-technologischen Blase verlaufen. Das hat uns die Pandemie deutlich vor Augen geführt. Dafür ist ein vertrauensvoller und offener Dialog notwendig. Eine Gelegenheit dazu bietet unser Tag der offenen Tür Mitte September auf dem neuen Forschungscampus «co-operate». Die aktuelle Quarterly-Ausgabe gibt einen ersten Vorgeschmack. Es würde mich freuen, den Einen oder die Andere persönlich zu treffen und mit Ihnen zu diskutieren.

Bis dahin: Viel Vergnügen beim Lesen!

Ihr MICHAEL HAGMANN



FEEL THE HEAT

«Smarte Dummies» wie dieser futuristisch anmutende Manikin erkennen dank Sensortechnologie und mathematischer Modellierung, wie Arbeitsplätze nachhaltig auf Wohlfühltemperatur gebracht werden können. Der Energieverbrauch für Klimageräte und Klimaanlagen liegt in der Schweiz mittlerweile jährlich im Terawatt-Bereich, sprich in der Grössenordnung von Milliarden Kilowattstunden. Forschende vom «Biomimetic Membranes and Textiles» Labor der Empa arbeiten daher gemeinsam mit der EPFL und der polnischen «Silesian University of Technology» an belastbaren Daten zum Raumklima am Arbeitsplatz. Ihr Ziel: Innenräume effizienter klimatisieren und gleichzeitig die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Menschen erhalten.

BESSERE KALIBRIERUNG FÜR SCHNELLERE DIAGNOSTIK



FLUORESZENZ
Mit diesem Plättchen, dem sogenannten Target, lassen sich medizinische Geräte hochpräzise kalibrieren.

DNA-Sequenzierung und Fluoreszenzmikroskopie sind wichtige Verfahren Medizin und Forschung. Damit lassen sich Krankheiten genau diagnostizieren, Zellen und Gene durchleuchten und personalisierte Therapien entwickeln. Die hochempfindlichen Geräte, die man dafür braucht, funktionieren allerdings nur dann zuverlässig, wenn sie präzise eingestellt und kalibriert sind. Empa-Forschende aus dem Labor «Surface Science & Coating Technologies» haben in Zusammenarbeit mit der Firma IMT AG aus Greifensee besondere Kalibrationstargets für DNA-Sequenzierer und Fluoreszenzmikroskope entwickelt, dank denen die Systeme schneller und zuverlässiger arbeiten.



FORSCHUNG FÜR KINDER: WAS EIS ÜBERS KLIMA WEISS

Eisbohrkerne sind ein einmaliges Klimaarchiv. Empa-Forschende aus dem Labor «Luftfremdstoffe/Umwelttechnik» arbeiten an Methoden, um Treibhausgaskonzentrationen in solchen gefrorenen Proben exakt zu bestimmen. Dafür waren sie auch schon auf Antarktis-Expeditionen. Während einer solchen Expedition fotografierte Bernhard Bereiter, damals Postdoktorand an der Empa, einen Eiskern im Sonnenlicht. Nun ziert sein Bild das Cover des Buchs «Frozen in Time» der amerikanischen Autorin Carmella Van Vleet, das Schulkindern Klimaforschung anhand von Eisbohrkernen näherbringt.



EISKERNE DURCHLEUCHTEN
Das Coverfoto des Kinderbuchs wurde von einem Empa-Forscher in der Antarktis aufgenommen.



HIGHTECH-ANLAGE FÜR FILIGRANE STRUKTUREN



LICHTBOGENSCHWEISSEN
Die WAAM-Anlage kann grosse, aber dennoch filigrane Metallstrukturen herstellen.

«Wire-Arc Additive Manufacturing» (WAAM) ist eine Methode zur Herstellung grosser und komplexer Metallbauteile wie Brücken, Metallträger und -stützen oder Stahlverstärkungen für komplexe Betonformen. Mit dieser innovativen Technik – einer Mischung aus robotergestütztem 3D-Druck und Lichtbogenschweissen – wollen Empa-Forschende dazu beitragen, solche grossen Metallstrukturen zu optimieren und den Energie- und Ressourcenbedarf für ihre Herstellung zu senken.



EMPA-DATEN FÜR DEN SRF-KLIMAMONITOR



CO₂-MESSUNGEN IN ECHTZEIT
Die Forschungsstation auf dem Jungfrauoch überwacht die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre.

«Am Puls des Planeten – tägliche Zahlen und Fakten zum Klima», so bewirbt die Webseite des Schweizer Radio und Fernsehens SRF seinen «Klimamonitor». Ein Teil der online publizierten Daten, nämlich die auf dem Jungfrauoch gemessenen CO₂-Konzentrationen, liefern Forschende des Empa-Labors «Luftfremdstoffe/Umwelttechnik». Erhoben werden die Daten im Rahmen des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL) und der europäischen Forschungsinfrastruktur «Integrated Carbon Observation System» (ICOS, S. 13) an der Forschungsstation auf dem Jungfrauoch.



ZU BESUCH IN DER SCHWEIZER INNOVATIONS- SCHMIEDE

Wie geht das eigentlich – Forschung? An was tüfteln Forschende denn da so herum in ihren Labors? Und wie ist es, Forscherin, Wissenschaftler oder Ingenieurin zu sein? Antworten darauf gibt's am Tag der offenen Tür an der Empa am 14. September.

Text: Tanja Zimmermann

Obwohl wir regelmässig (und gerne) über all die spannenden Innovationen aus unseren Labors berichten – unter anderem in unserem Forschungsmagazin Empa Quarterly –, bleiben die Menschen hinter unserer Forschung häufig lediglich «Instrumente im Dienste des Fortschritts», um es einmal etwas akademisch auszudrücken. Dabei sind es gerade diese, unsere Forschenden, die mit ihren cleveren Ideen den Weg in eine nachhaltige Zukunft überhaupt erst ermöglichen. Wie viel spannender wäre es, den Macherinnen und Machern einmal bei der Arbeit

zusehen zu können, Forschung also praktisch live zu erleben – anstatt immer «nur» in der Zeitung darüber zu lesen, dass eine neue Batterietechnologie oder ein CO₂-neutraler Beton entwickelt wurde?

EIN NAGELNEUER FORSCHUNGSCAMPUS

Genau das wollen wir mit einem Tag der offenen Tür allen interessierten, neugierigen Besucherinnen und Besuchern bieten. Und einen perfekten Anlass dazu haben wir erst noch: Wir haben diesen Sommer unseren neuen Forschungscampus «co-operate» fertiggestellt und in Betrieb genommen. Das ist nun auch im wortwörtlichen Sinne «The Place where Innovation

HIER WOHLT WISSENSCHAFT

Besuchen Sie das neue Laborgebäude der Empa (links), das Forschungsgebäude NEST (rechts) und mehr am Tag der offenen Tür im September.

Weitere Bilder vom Forschungscampus



Foto: Empa

Starts». Und ein eindrücklicher noch dazu: Hochmodern und ausgestattet mit allerlei technologischen Neuerungen, steht «co-operate» sinnbildlich für unser Ziel, den gesamten Campus mittelfristig CO₂-neutral zu betreiben, etwa durch ein grosses Erdsondenfeld, mit dem wir Wärme aus dem Sommer für die Wintermonate speichern wollen.

Rund ums NEST und natürlich auch in den neuen Gebäuden von «co-operate» zeigen wir am 14. September 2024 rund 70 unserer Forschungsprojekte sowie allerlei Spannendes zum Mitmachen und Ausprobieren. Thematisch dreht

sich dabei alles um unsere zentralen Forschungsgebiete beziehungsweise um die grossen Herausforderungen, vor denen wir als Gesellschaft derzeit stehen: Wie schaffen wir die Energiewende – und das so schnell wie möglich? Das Netto-Null-Ziel ist ein Muss für uns alle – aber genügt das? Und was hat es mit so genannten Negativemissionstechnologien auf sich? Wie sieht eine echte Kreislaufwirtschaft aus? Und wie ermöglichen neue Materialien und Technologien eine personalisierte Behandlung verschiedener Krankheiten?

EIN BLICK HINTER DIE KULISSEN

Fragen also, auf die wir dringend Antworten brauchen. Daran arbeiten unsere Forscherinnen und Forscher tagein, tagaus. Am 14. September können Sie ihnen dabei über die Schultern schauen und so Forschung hautnah erleben. Ich freue mich auf Ihren Besuch! ■

TAG DER OFFENEN TÜR
14. SEPTEMBER
EMPA DÜBENDORF



«BEYOND ZERO»: BAUEN FÜRS KLIMA

IM GESPRÄCH

Von links: Corinne Reimann, Leiterin Garantie bei Implemia Schweiz AG, Nathalie Casas, Departementsleiterin «Energie, Mobilität und Umwelt» und Direktionsmitglied der Empa und Christoph Kellenberger, Mitgründer und Mitglied der Geschäftsleitung bei OOS.



Foto: Marion Nitsch

Nichts weniger als einen Paradigmenwechsel schlägt die Empa mit «Mining the Atmosphere» vor: von einer CO₂-emittierenden zu einer CO₂-bindenden Gesellschaft. Dabei soll das Treibhausgas als wertvoller Rohstoff – etwa als Zuschlagstoff auf Kohlenstoffbasis für Beton oder als Wärmedämmstoff – genutzt und langfristig gespeichert werden. In der NEST-Unit «Beyond Zero» werden erstmals solche Materialien verbaut und getestet. Dabei arbeiten Forschung, Industrie und Planung Hand in Hand. Im Interview beleuchten Nathalie Casas (Empa), Corinne Reimann (Implemia) und Christoph Kellenberger (OOS) das zukunftsweisende Projekt aus unterschiedlichen Perspektiven.

Interview: Annina Schneider

Nathalie Casas, wieso müssen wir handeln? Wieso braucht es «negative emissions technologies» (NET)?

Nathalie Casas: Die CO₂-Emissionen steigen jede Minute. Wir haben Stand heute schon zu viel CO₂ emittiert, um das 1,5 Grad-Ziel noch erreichen zu können. Das heisst: Wir müssen handeln! Mit NET, also «negative emissions technologies», können wir überschüssiges CO₂ aus der Luft holen und so rückwirkend die Atmosphäre säubern. Neben den historischen Emissionen wird es aber auch in Zukunft schwer zu vermeidende Emissionen geben. Das sind Emissionen, die mit aktuellen oder zukünftigen Technologien nicht oder nur schwer reduzierbar sind, etwa Flug- oder Landwirtschaftsemissionen. Diese müssen wir mit NET kompensieren.

«Das Wichtigste sind Taten: Wir müssen uns vom Climate-Talk zur Climate-Action bewegen.»

Nathalie Casas, Empa

Die «Mining the Atmosphere»-Initiative wurde erfolgreich lanciert. Der Bau der «Beyond Zero»-Unit im Forschungs- und Innovationsgebäude NEST an der Empa befindet sich in Planung. Was braucht es als nächstes?

Nathalie Casas: Vieles! Das wichtigste sind Taten: Wir müssen uns vom Climate-Talk zur Climate-Action bewegen. Wir müssen neue Technologien, die

sich noch auf Laborebene befinden, marktreif machen und solche, die bereits marktreif sind, implementieren.

Mit der geplanten NEST-Unit «Beyond Zero» treiben wir dies im Bausektor voran. In der Unit werden neue Materialien getestet und verbaut, die CO₂-reduzieren oder bereits CO₂-negativ sind. Diese innovativen Materialien funktionieren im Labor, werden nun aber aufskaliert und marktreif gemacht. Dies bringt viele Fragen mit sich, zum Beispiel: Wie werden sie produziert? Gibt es entsprechende Richtlinien? Wichtig dabei ist, mit den richtigen Partnern zusammenzuspannen.

Wieso ist es wichtig, bereits bei der Entwicklung neuer Baumaterialien auch Planerinnen und Planer mit an Bord zu holen, Christoph Kellenberger?

Christoph Kellenberger: Zum einen bestimmen wir Architektinnen und Architekten mit dem Entwurf auch das Konstruktionsprinzip und damit die Baustoffe für ein Gebäude. Entsprechend ist es förderlich, die Planenden bereits bei der Entwicklung neuer Baumaterialien im Boot zu haben – denn damit fliesst Praxiswissen in den Innovationsprozess ein. Zum anderen können wir neues Wissen auch in die Planungs- und Baubranche hineinbringen, und aufzeigen, wieso wir welchen neuen CO₂-neutralen oder CO₂-negativen Baustoff einsetzen können. Es geht ja darum, jetzt diesen Kohlenstoff-Speicher im Gebäudepark aufzubauen.

Wie schätzen Sie das wirtschaftliche Potential von NET in der Baubranche ein, Corinne Reimann?

Corinne Reimann: Für die Baubranche sind NET eine grosse Chance. Denn sie ermöglichen der Branche, zum Beispiel mithilfe von CO₂-neutralen oder CO₂-negativen Materialien wie Beton, einen entscheidenden Beitrag zur Nachhaltigkeit leisten zu können. Momentan hinkt die Branche im Bereich

NEST-UNIT «BEYOND ZERO»

Die NEST-Unit «Beyond Zero» fördert vielversprechende CO₂-reduzierte und CO₂-negative Innovationen im Baubereich und zeigt, ob und wie Gebäude als Kohlenstoff-senken wirken können. In der Unit werden neuartige, an der Empa entwickelte Baumaterialien wie Beton und Isolationsmaterial verbaut, die Kohlenstoff aus der Atmosphäre binden können. Das Projekt analysiert dabei auch die globale Machbarkeit derartiger Technologien und liefert Hinweise, wie die Transformation der Baubranche gelingen kann. «Beyond Zero» befindet sich derzeit in der Planungsphase. Weitere Informationen: nest.empa.ch/beyondzero

Nachhaltigkeit bekanntlich etwas hinterher – sie hat aber speziell mit solchen Materialien einen enorm grossen Hebel.

Wo liegen die grössten Herausforderungen bei diesem Vorhaben?

Corinne Reimann: Wenn die Funktionalität des neuen Betons gewährleistet ist, sodass er alternativ zu herkömmlichem Beton eingesetzt werden kann, ist die potentiell einsetzbare Menge enorm. Danach sehe ich als Hürde nur noch die Wirtschaftlichkeit, also den Preis des neuen Betons. Und diese Hürde darf nicht unterschätzt werden: Denn was sich bis jetzt beobachten lässt, ist ein Mangel an Bereitschaft, zusätzliche Kosten zu tragen. Dies ist schon im Kleinen ersichtlich, etwa bei einem wassersparenden Hahn: Wenn es sich rechnet, sind alle dabei, sobald es aber teurer wird, ist die Bereitschaft leider klein. Ich bin der Meinung, dass wir diese Transformation nur mithilfe von Subventionen starten können, denn schlussendlich muss die Baubranche wirtschaftlich handeln.

Christoph Kellenberger: Ganz genau. Wie aber vorhin erwähnt, sehe ich einen

weiteren springenden Punkt bei der Wissensvermittlung – natürlich neben marktgerechten Baumaterialien, Produkten und Konstruktionsprinzipien. Es muss transparent und nachvollziehbar dargestellt werden, wie diese einsetzbar sind und welcher Effekt damit erzielt werden kann. Am einfachsten gelingt ein breiter Einsatz, wenn die neuen Materialien vereinfacht gesagt «erheblich besser sind», als das, was heute auf dem Markt ist. Dann werden auch neue Anbieter diese neuen Produkte pushen. Aber nochmal zurück zur Wissensvermittlung: Ich bin der Meinung, dass wir der Planungs- und Baubranche zum einen klar aufzeigen müssen, dass sie mit rund 40% des aktuellen CO₂-Ausstosses für Betrieb und Erstellung einen erheblichen Hebel bei der CO₂-Reduktion haben. Zum anderen braucht es einfache, praktikable neue Konstruktionslösungen für den Einsatz solcher Materialien, die Kohlenstoff im Gebäudepark speichern. Dieses Wissen muss in den Praxisalltag fliessen. ■



Lesen Sie das ganze Interview hier und erfahren Sie mehr über mögliche Chancen und Risiken und darüber, wer welchen Beitrag bei diesem Paradigmenwechsel zu leisten hat.

TAG DER OFFENEN TÜR
NEST

WIEVIEL CO₂ SETZT ZÜRICH FREI?

Um Netto-Null zu erreichen, müssen wir unsere CO₂-Emissionen rasch und effizient senken. Ein EU-Projekt mit Beteiligung der Empa hat Zürich als eine von drei Pilotstädten in Europa ausgewählt, um deren Kohlendioxid-Ausstoss genau zu messen und zu modellieren. Die Erkenntnisse helfen Städten bei der Erreichung ihrer Klimaziele.

Text: Anna Ettlin

UNAUFFÄLLIG
Zwei CO₂-Messgeräte von «ICOS Cities» an einer Strassenlaterne in Zürich.



Foto: Pekka Pelkonen, ICOS RI

Städte sind die grösste Treibhausgasquelle der Welt. Rund 70% aller anthropogenen Emissionen entstehen in, um und durch Städte. Zugleich haben sie einen grossen Handlungsspielraum, diese Emissionen zu reduzieren. Viele urbane Gebiete haben ambitioniertere Klimaziele als ihre Länder – so auch die Stadt Zürich, die bereits bis 2040 Netto-Null erreichen will. Um Treibhausgasemissionen in so kurzer Zeit zu reduzieren, braucht es verlässliche Daten. Sie zeigen den Fortschritt, widerspiegeln die Wirksamkeit der Massnahmen, und schaffen Anreize, indem sie die Emissionen sicht- und greifbarer machen. «Es gibt keine Diät, die ohne eine Waage erfolgreich ist», resümiert Lukas Emmenegger, Leiter des Empa-Labors «Luftfremdstoffe / Umwelttechnik».

Doch wie kann man die Emissionen einer ganzen Stadt messen? Mit dieser Frage beschäftigt sich das EU-Projekt «ICOS Cities», bei dem Zürich als eine der drei Pilotstädte dabei ist, gemeinsam mit Paris und München. Im Rahmen von «ICOS Cities» wollen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler gemeinsam mit Stadtverwaltungen Methoden zur

Messung und Modellierung der Emissionen in Städten entwickeln. Dass Zürich eine der drei «ausgewählten» Städte ist, kommt nicht von ungefähr. «Die Stadt besitzt bereits hochwertige Daten zu ihren Emissionen, hat einen «digitalen Zwilling» und geht sehr offen mit diesen Ressourcen um», erklärt Emmenegger. Aber auch die Empa hat dazu beigetragen: «Beim Start von «ICOS Cities» hatten wir bereits ein CO₂-Messnetz in der ganzen Schweiz, auch in Zürich», sagt Empa-Forscher Dominik Brunner.

EMISSIONEN MESSEN...

Im Rahmen von «ICOS Cities» haben die Empa-Forschenden dieses Netzwerk auf 60 Standorte in der ganzen Stadt ausgeweitet. Die günstigen, kleinen Messgeräte hängen unauffällig an Strassenlaternen und Bäumen von Uetliberg bis Irchel. Ergänzt wird dieses «low-cost»-Sensornetz durch ein «mid-cost»-Netz. In Zusammenarbeit mit der Swisscom konnten die Empa-Forschenden rund 20 komplexere Instrumente bei Mobilfunkantennen in der Stadt anbringen.

Ein Messturm auf dem Dach eines Hochhauses in der Hardau rundet die Palette ab. Dort wurden unter der Leitung der Universität Basel zeitweise hochpräzise Messungen durchgeführt, um weitere Treibhausgase wie Methan und Lachgas zu erfassen und die komplexen CO₂-Flüsse über der Stadt zu verstehen.

Denn punktuelle Messungen der CO₂-Konzentration sagen noch nicht viel über die Emissionen aus. Die komplexe Topografie der Stadt, insbesondere

diejenige Zürichs, schafft schwer vorhersagbare Luftströmungen, die das Treibhausgas rasch von seiner Entstehungsquelle wegtransportieren können. «Eine weitere Herausforderung ist, die anthropogenen Emissionen vom natürlichen CO₂-Kreislauf in der Atmosphäre zu unterscheiden», sagt Brunner.

Die grossen Wälder rund um die Stadt «atmen» jeden Tag grosse Mengen Kohlendioxid ein und aus. Die Universität Basel misst und



untersucht auch diese natürlichen Fluktuationen durch Pflanzen.

...UND VERSTEHEN

Diese und alle weiteren Daten aus dem Projekt – und es sind nicht wenige – lassen die Empa-Forschenden in ihre Modelle einfließen. Modellierung ist der letzte und wichtigste Schritt, um die Emissionen der Stadt zu verstehen. Wo entsteht das gemessene CO₂? Welchen Einfluss hat das Wetter auf die Konzentrationen? Welcher Teil ist natürlich und welcher anthropogen?

Antworten auf diese Fragen sucht das Team rund um Modellier-Experte Brunner gemeinsam mit Partnern im Ausland. Dazu entwickeln sie zwei Modelle: Eines zeigt auf etwa einen Kilometer genau, wie die Stadt Kohlendioxid freisetzt. Das zweite Modell «sieht» sogar einzelne Gebäude. «Diese Modelle gleichen wir mit den Emissionsschätzungen der Stadt ab, dem sogenannten CO₂-Inventar», erklärt Brunner. Die Arbeit, vor allem am komplexen hochauflösenden Modell, ist noch nicht ganz getan. Aber die Ergebnisse sind vielversprechend. Für den Winter 2022/23 konnten die Forschenden beispielsweise eine spürbare Reduktion messen und modellieren: Die Stadt hatte damals ihren Energieverbrauch aufgrund der Energiekrise merklich reduziert. Die Modelle funktionieren.

EIN «KOCHBUCH» FÜR DIE NACHHALTIGKEIT

Diese Modellierkompetenz ist ein weiterer Grund, warum ausgerechnet Zürich zur Pilotstadt wurde. «Die Empa ist eines der wenigen Institute weltweit, das sowohl Messungen als auch Modellierungen unter einem Dach vereint», sagt Emmenegger. Als Gründungspartner des

ICOS

Das «Integrated Carbon Observation System» (ICOS) ist eine europäische Forschungsinfrastruktur, die den globalen Kohlenstoffkreislauf und dessen Beeinflussung durch menschliche Aktivitäten untersucht. Aktuell sammelt ICOS standardisierte, frei zugängliche Daten von mehr als 180 Messstationen in 16 Ländern. Die Schweiz beteiligt sich mit Stationen auf dem Jungfraujoch und in Davos. Mit dem Projekt «ICOS Cities» will ICOS Grundlagen schaffen, um ihre drei bestehenden Schwerpunkte «Atmosphäre», «Ozeane» und «Ökosysteme» um die Städte als wichtige CO₂-Emittenten zu erweitern. ICOS Schweiz besteht aus den Institutionen ETH Zürich, Empa und WSL, den Universitäten Bern und Basel sowie MeteoSchweiz.

Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL), das seit 1979 in Betrieb ist, blickt die Empa auf eine lange «Karriere» bei der Bestimmung von (Spuren-)Gasen in der Luft zurück.

Standen in den 1970er-Jahren ausschliesslich Schadstoffe im Fokus, so beschäftigen heute auch Kohlendioxid und andere Treibhausgase die Forschenden. Indem sie in «ICOS Cities» unterschiedliche Messmethoden und Modelle entwickeln und miteinander vergleichen, wollen sie eine Art Kochbuch für Zürich und andere Städte entwickeln, mit unterschiedlichen Rezepturen zur Überwachung ihrer CO₂-Emissionen. Das Projekt läuft noch bis 2025. Danach sind die Städte an der Reihe: Was sie mit den «Rezepten» aus dem Projekt kochen, ist ihnen überlassen. «Die Stadt Zürich ist ein wichtiger und engagierter Partner im Projekt», sagt Emmenegger. «Wir hoffen, unsere Erkenntnisse helfen ihr bei der Erreichung ihrer Klimaziele.» ■



HOCH HINAUS
Auf dem Messturm auf dem Dach eines Hochhauses in der Hardau werden im Rahmen von «ICOS Cities» zeitweise hochpräzise Messungen durchgeführt, um die Konzentration unterschiedlicher Treibhausgase sowie ihre komplexen Flüsse über der Stadt zu erfassen.

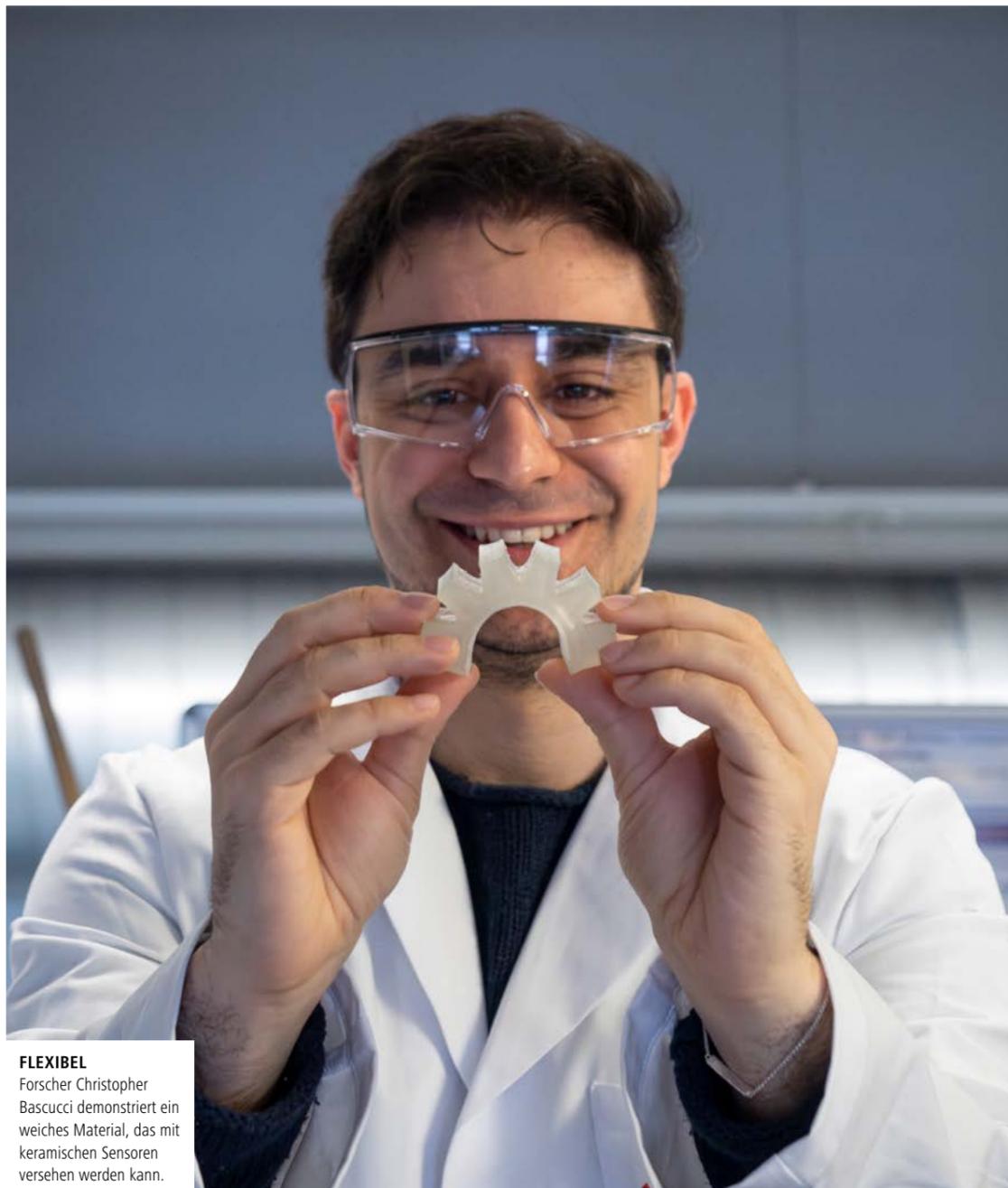


Foto: Pekka Pelkonen, ICOS RI

KERAMIK MIT FEINGEFÜHL

Roboter, die Berührungen spüren und Temperaturunterschiede wahrnehmen? Ein unerwartetes Material macht das möglich. Im Empa-Labor für Hochleistungskeramik entwickeln Forschende weiche und intelligente Sensormaterialien auf der Basis von Keramik-Partikeln.

Text: Anna Ettlin



FLEXIBEL
Forscher Christopher Bascucci demonstriert ein weiches Material, das mit keramischen Sensoren versehen werden kann.

Beim Wort «Keramik» denken die meisten Menschen an Kaffeetassen, Badezimmerfliesen oder Blumentöpfe. Nicht so Frank Clemens. Für den Forschungsgruppenleiter im «High-Performance Ceramics» Labor der Empa kann Keramik Strom leiten, intelligent sein – und sogar fühlen. Denn Clemens entwickelt gemeinsam mit seinem Team weiche Sensormaterialien auf der Basis von Keramik. Solche Sensoren «spüren» beispielsweise Temperatur, Dehnung, Druck oder Feuchtigkeit, was sie für den Einsatz in der Medizin, aber auch im Bereich der «Soft Robotics» – der weichen Robotik – interessant macht.

Weiche Keramik – wie soll denn das gehen? Unter Keramik verstehen Materialforschende wie Clemens einen anorganischen nichtmetallischen Werkstoff, der in einem Sinter-Prozess unter hohen Temperaturen aus einer Ansammlung von losen Partikeln hergestellt wird. Die Zusammensetzung der Keramik kann variieren – und damit verändern sich auch deren Eigenschaften. Steingut und Porzellan sucht man in Clemens' Labor indes vergeblich. Die Forschenden arbeiten mit Materialein wie Kalium-Natrium-Niobat und Zinkoxid, aber auch mit Kohlenstoffpartikeln.

Weich sind all diese Materialien nicht. Um daraus weiche Sensoren herzustellen, betten die Forschenden sie in dehnbare Kunststoffe ein. «Wir arbeiten mit sogenannten hochgefüllten Systemen», so Clemens. «Wir nehmen eine Matrix aus einem thermoplastischen Kunststoff und füllen sie mit so vielen Keramikpartikeln, wie nur möglich ist, ohne die Dehnbarkeit der Matrix zu beeinträchtigen.» Wird diese hochgefüllte Matrix dann gedehnt, komprimiert oder Temperaturschwankungen ausgesetzt, verändert sich der Abstand zwischen den Keramikpartikeln und damit die elektrische

Leitfähigkeit des Sensors. Dabei muss nicht die gesamte Matrix mit Keramik gefüllt sein, betont Clemens: Mittels 3D-Druck können die Forschenden die Keramiksensoren auch als eine Art «Nervenbahnen» in flexible Bauteile einbetten.

SELEKTIV UND INTELLIGENT

Trivial ist die Herstellung von weichen Keramiksensoren allerdings nicht. In der Regel sind weiche Sensoren auf unterschiedliche Umwelteinflüsse zugleich empfindlich, etwa auf Temperatur, Dehnung und Feuchtigkeit. «Wenn man sie in der Praxis einsetzen will, sollte man aber wissen, was man misst», erklärt Clemens. Seiner Forschungsgruppe ist es gelungen, weiche Sensoren herzustellen, die sehr selektiv nur auf Druck oder nur auf Temperatur reagieren. Diese Sensoren integrierten die Forschenden in eine prothetische Hand. Die Prothese «spürt» die Beugung ihrer Finger und merkt, wenn sie eine heisse Oberfläche anfasst. Solche «Feinfühligkeit» wäre sowohl für Roboter-Greifwerkzeuge als auch für Prothesen für den Menschen von Vorteil.

Noch einen Schritt weiter ging das Empa-Team bei der Entwicklung einer weichen «Roboterhaut». Ähnlich wie menschliche Haut reagiert die mehrschichtige Kunststoffhaut auf Berührungen und Temperaturunterschiede. Um die komplexen Daten auszuwerten, entwickelten die Empa-Forschenden gemeinsam mit Forschenden der «University of Cambridge» ein KI-Modell und trainierten es anhand von Daten aus rund 4500 Messungen. Auch das erinnert an die menschliche Wahrnehmung, denn die Nervenimpulse aus unserer Haut werden ebenfalls im Gehirn ausgewertet und «hochgerechnet».

MENSCH TRIFFT MASCHINE

Das Ziel, sagt Frank Clemens, ist die sichere und harmonische Zusammenarbeit von Mensch und Maschine.

«Heutige Robotersysteme sind gross, klobig und sehr stark. Sie können für den Menschen gefährlich werden», erklärt der Forscher. Sollen wir unsere Arbeitsplätze in Zukunft vermehrt mit Robotern teilen, sollten diese schnell und feinfühlig auf Berührungen reagieren. «Wenn man versehentlich einen anderen Menschen berührt, zieht man sich automatisch sofort zurück», sagt Clemens. «Wir wollen Robotern denselben Reflex ver-

TAG DER OFFENEN TÜR
GESUNDES LEBEN
GESUNDE UMWELT



leihen.» Dafür suchen die Forschenden nun Industriepartner auf dem Gebiet von robotischen Greifsystemen. Aber auch in der Medizin sind weiche Sensoren gefragt – so hat das Team kürzlich ein Innosuisse-Projekt mit der Firma IDUN Technologies abgeschlossen, bei dem sie flexible Elektroden für Gehirnstrommessungen hergestellt haben.

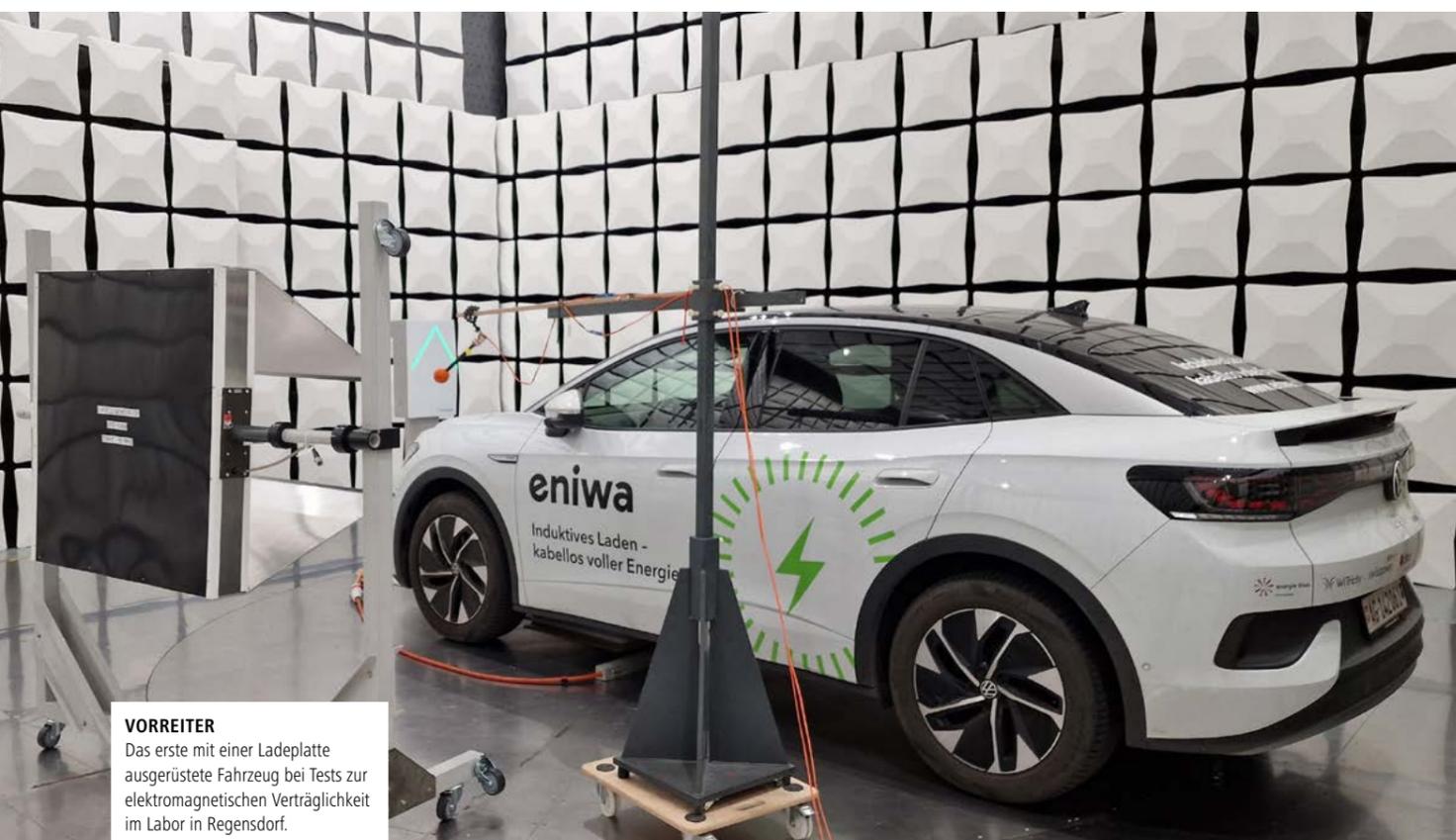
Es gibt noch viel zu tun: Die Forschenden wollen ihre weichen keramischen Sensoren noch feinfühlig und intelligenter machen. Dafür gilt es, neue keramische Materialien und weiche Polymere zu kombinieren und deren Sensoreigenschaften zu optimieren – denn im Zusammenspiel dieser beiden Komponenten liegt das Erfolgsgeheimnis. ■



LADEN OHNE KABEL

Was bei der Zahnbürste und beim Handy schon Usus ist, soll künftig auch beim Elektroauto zur Anwendung kommen: das induktive Laden ganz ohne Kabel. Gemeinsam mit Partnern untersucht die Empa die Vor- und Nachteile dieser Technologie im Alltag. Eine Hürde ist bereits geschafft: Das schweizweit erste derart umgerüstete Fahrzeug hat die Strassenzulassung erhalten.

Text: Stephan Kälin



VORREITER

Das erste mit einer Ladeplatte ausgerüstete Fahrzeug bei Tests zur elektromagnetischen Verträglichkeit im Labor in Regensdorf.

Komfortabler geht's nicht: Fährt man sein Elektroauto korrekt auf das Parkfeld, beginnt der Ladevorgang automatisch. Eine Bodenplatte auf dem Parkplatz überträgt die Energie über ein Magnetfeld an eine Empfängerplatte auf der Unterseite des Fahrzeugs und von dort in die Batterie. Die Technologie für induktives Laden von Elektroautos ist bereits vorhanden und wird etwa vom US-amerikanischen Unternehmen

WiTricity, mit Ableger in der Schweiz, entwickelt. Was fehlt, sind die regulatorischen Rahmenbedingungen – und praktische Erfahrungswerte über Vor- und Nachteile des induktiven Ladens gegenüber dem kabelgebundenen, konduktiven Laden. Genau da setzt das Projekt «INLADE» an: «Wir wollen herausfinden, wie sich das induktive Laden im Alltag bewährt und welche regulatorischen Änderungen nötig sind, damit sich das Konzept durchsetzen

Fotos: Empa & Eniwa AG, Empa

kann», erklärt Mathias Huber von der Abteilung «Chemische Energieträger und Fahrzeugsysteme» der Empa.

Während die Bewilligungen für die Ladestationen noch ausstehen, hat bereits das erste umgerüstete Fahrzeug mit einer Ladeplatte die Strassenzulassung erhalten. Dazu waren umfangreiche Messungen zur elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) und Tests zur elektrischen Sicherheit notwendig. «Es ging darum, dass das Magnetfeld beim induktiven Laden keine negativen Auswirkungen auf andere Geräte im und ausserhalb des Fahrzeugs und natürlich auch nicht auf den Menschen hat», erklärt Huber. Gemeinsam mit Vertretern des Projektpartners Eniwa AG, die das erste Fahrzeug betreiben, hat er die Tests im Labor des EMC Testcenters in Regensdorf begleitet. Schon bald soll auch die Empa ein eigenes Prototypen-Fahrzeug und eine entsprechende Ladestation in Betrieb nehmen. Ziel ist es, Aussagen über die Energieeffizienz und die Zuverlässigkeit des neuen Systems machen zu können. «Wir untersuchen die Effizienz beider Ladesysteme bei unterschiedlichen Umgebungsbedingungen wie Regen oder Schnee», so Huber. Gemäss Herstellerangaben sollten die Wirkungsgrade beim induktiven Laden bei rund 91 Prozent liegen. Huber: «Diese Werte sind vergleichbar mit dem kabelgebundenen Laden.»

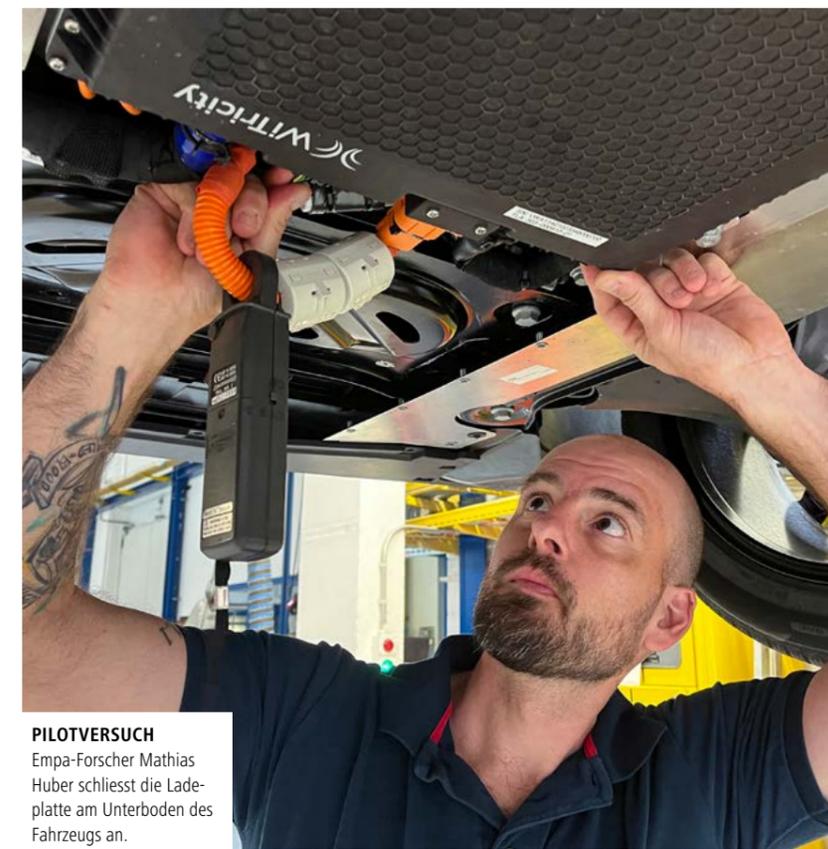
BIDIREKTIONALES LADEN VEREINFACHEN

Während sich die Empa um die technische Analyse kümmert, gehen Forschende der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) Fragestellungen zu den Erfahrungen von Nutzerinnen und Nutzern der Fahrzeuge nach. Darüber hinaus werden im Projekt mögliche Anwendungsfälle wie das E-Carsharing, Elektrobusse, Taxis oder autonome Fahrzeuge evaluiert. Geleitet wird «INLADE» vom Energieversorgungsunternehmen Eniwa AG aus

Buchs. Weitere Partner sind die Stadtwerke-Allianz Swisspower, die Energie Thun AG und BRUGG eConnect AG.

Gerade die Energieversorger sehen neben einer Komfortsteigerung für E-Auto-Besitzerinnen und -Besitzer ein grosses Potenzial für das sogenannte bidirektionale Laden. Dabei wird die Autobatterie als Speicher genutzt, der einen Teil der Energie zurück ins Netz

erklärt Samuel Pfaffen, Leiter Unternehmensentwicklung bei Eniwa. Beim induktiven Laden entfällt das manuelle Anschliessen der Fahrzeuge über ein Kabel, womit der Zugang zu den Batteriespeichern der Fahrzeuge deutlich vereinfacht werde. Das Projekt «INLADE» ist Ende November 2023 gestartet und läuft zwei Jahre. Es wird unterstützt durch das Bundesamt für Energie (BFE) sowie die Kantone Zürich und Aargau.



PILOTVERSUCH

Empa-Forscher Mathias Huber schliesst die Ladeplatte am Unterboden des Fahrzeugs an.

speist, wenn diese nicht zum Fahren benötigt wird. Für die Regelung des Stromnetzes könnten Fahrzeugbatterien so künftig eine grosse Rolle spielen – allerdings nur dann, wenn sie auch ans Netz angebunden sind. «Bei praktisch vollen Batterien werden Fahrzeuge in der Regel nicht an die Ladestation angeschlossen, dabei wären sie gerade in diesem Zustand dafür prädestiniert, einen Teil ihrer Energie temporär für das Stromnetz zur Verfügung zu stellen»,



TAG DER OFFENEN TÜR
MOVE



STERNENSTAUB IM BADEZIMMER

Weitverbreitete Hautkrankheiten wie Schuppenflechte oder Neurodermitis sind schwierig zu behandeln. Empa-Forschende haben gemeinsam mit einem Industriepartner eine innovative Lösung gefunden: Nanokeramik-Sterne setzen winzige Hautwunden und erlauben Wirkstoff-Molekülen an ihren Wirkungsort zu gelangen.

Text: Andrea Six



SPITZ UND EFFIZIENT
Die Nanokeramik-Sterne gehen unter die Haut.

Wenn Materialwissenschaftler in die Sterne blicken, können sie unter Umständen die Zukunft erkennen – und zwar dann, wenn es um Sterne aus Nanokeramik geht. Empa-Forscher in Dübendorf und Thun entwickeln gemeinsam mit dem Industriepartner Aldena Therapeutics innovative Behandlungsverfahren für weit verbreitete Hautkrankheiten. Das

Team setzt auf nanokeramische Sterne, die «durch die Haut gehen». Gefördert wird das Vorhaben von der Innosuisse.

THERAPIEN IN DIE HAUT SCHLEUSEN

Das Problem: Moderne Wirkstoffe gelangen nicht tief genug in die betroffenen Hautschichten, wenn sie in herkömmliche Salben oder Lotionen aufgebracht würden. Könnte man die Haut jedoch kurzfristig durchgängig machen, liessen sich die grossen therapeutisch wirksa-

men Moleküle an ihr Ziel schleusen. Zum Einsatz für neue Therapien kommen beispielsweise siRNA-Moleküle, kurz für «small interfering RNA». Diese Moleküle können durch gezielte Interaktionen mit der körpereigenen Boten-RNA (mRNA) zur Regulierung der Proteinproduktion beitragen. Dadurch können in Krankheitsprozesse eingreifen und schädigende Vorgänge blockieren. Medikamente mit diesem Wirkprinzip existieren bereits für einige Stoffwechselstörungen und

Erbkrankheiten. Für die Anwendung derartiger siRNAs in modernen Therapien suchte Aldena Therapeutics mit Sitz in Boston, London und Lausanne nach einem wirksamen Verfahren, um Wirkstoffe in – oder besser: unter – die Haut zu bringen. Die Empa-Forscher Michael Stuer vom «High Performance Ceramics» Labor und Patrick Hoffmann vom «Advanced Materials Processing» Labor setzten daher Nanokeramik aus Aluminiumoxid-Partikeln ein, um daraus eine dreidimensionale, scharfkantige Form zu erzeugen. Nach dem

über die Haut, verkanten sich schnell und erzeugen so mehr Mikro-Öffnungen in der Haut als flächige Gebilde. Appliziert werden die Nanokeramik-Sterne in einem Gel. Wenige Sekunden nach dem Auftragen auf die Haut wird das überschüssige Gel bereits wieder entfernt. Michael Stuer, der das Sternen-Gel selbst getestet hat, bestätigt die Aussage von bisherigen Versuchspersonen: «Es fühlt sich an wie ein Schrubben auf der Haut».

Entscheidend für den Einsatz als Therapie war zudem ein kosteneffizienter



SCHUPPEN

Für die Bartagame ist die Schuppenhaut Hinweis auf gute Gesundheit. Beim Menschen sind chronische Hautleiden wie Psoriasis Grund für schuppige Strukturen.

Sintern entstanden so dreiarmlige Sterne mit einem Durchmesser von rund 0.8 Millimetern, mit denen sich die Hautbarriere für die siRNA-Moleküle vorübergehend öffnen lässt. «Die 3D-Sterne mit spitz zulaufenden Armen sorgen für Mikro-Blessuren in der Haut, die sich schnell wieder von selbst schliessen», erklärt Michael Stuer. Es bleibt aber genug Zeit, damit die Wirkstoffmoleküle in die Haut eindringen können.

KOSTENEFFIZIENT UND NACHHALTIG

Dem Empa-Team gelang es im Projekt «StarCURE», die Sterne in einem präzisen Winkel gewölbt herzustellen. Auf diese Weise «rollen» die Sterne beim Auftragen

Herstellungsprozess. Müssten die Sterne nämlich etwa mittels Laserverfahren produziert werden, wäre der Preis zu hoch. Kurzerhand entwickelten die Empa-Forschenden Polymer-Gussformen, mit denen sich grosse Fertigungsmengen deutlich schneller und einfacher herstellen lassen. Mit diesem Skalierungsprozess für den industriellen Massstab ist es möglich, die Herstellungskosten stark zu senken. Vor kurzem haben die Forschenden das Verfahren zum Patent angemeldet.

MEDIKAMENTE OHNE PIKS

Doch Empa und Aldena Therapeutics wollen noch weitergehen: In einem nächsten Schritt möchte Stuer die Rezeptur ändern, damit die Nanokeramik-Sterne bio-abbaubar werden oder nach der Anwendung zu (Sternen-)Staub zerfallen. Das aktuelle keramische Material könnte in Zukunft an ein Biopolymer

CHRONISCHE HAUTLEIDEN

Die chronischen Hautkrankheiten Psoriasis, atopische Dermatitis, die Pigmentstörung Vitiligo oder Weissfleckenkrankheit und der kreisrunde Haarausfall (Alopecia areata) sind weit verbreitet und schwierig zu behandeln. Nicht immer ist die Ursache der Leiden gänzlich geklärt. Beteiligt sind – neben erblichen Vorbelastungen – entzündliche Prozesse, die durch Einflüsse aus der Umwelt ausgelöst werden. So kommt es je nach Krankheitsbild zu Rötungen, Schuppenbildung oder Pigment- und Haarverlust. Je nach Schweregrad können die Erkrankungen die Lebensqualität der Betroffenen deutlich einschränken.

gebunden oder durch ein Bioglas ersetzt werden. Dies würde das Anwendungsgebiet erheblich ausweiten. «Die Patientinnen und Patienten könnten die Therapie-Sterne nach der Anwendung dann einfach abwaschen», so Stuer.

Und schliesslich ist das Anwendungsgebiet nicht auf Hautkrankheiten beschränkt. Ein Beispiel: Bis zu 30 Prozent aller Kinder und jungen Erwachsenen leiden unter einer Spritzenphobie. Den Betroffenen ein Mittel mittels Injektion zu verabreichen, löst bei ihnen grosse Ängste bis hin zur Ohnmacht aus. Im medizinischen Alltag ist dies für alle Beteiligten eine Herausforderung. Auch für diese Personen könnten die Nanokeramik-Sterne eine gute Lösung sein, um einfach und ohne Piks mit den nötigen Medikamenten oder Impfstoffen versorgt zu werden, so der Empa-Forscher. ■



TAG DER OFFENEN TÜR
GESUNDES LEBEN
GESUNDE UMWELT

Fotos: Empa, Adobe Stock

EIN SCHARFER BLICK FÜRS UNSICHTBARE

Von smarten Textilien bis hin zu selbstfahrenden Autos: Empa-Forschende entwickeln neuartige Detektoren für Infrarot-Strahlung, die nachhaltiger, flexibler und kostengünstiger sind als bisherige Technologien. Der Schlüssel dazu ist nicht (nur) die Zusammensetzung des Materials, sondern auch seine Grösse.

Text: Anna Ettlín

Was haben Bewegungsmelder, selbstfahrende Autos, chemische Analysegeräte und Satelliten gemeinsam? Sie alle enthalten Detektoren für

Das geht einfacher. Ein Team um Ivan Shorubalko aus dem Labor «Transport at Nanoscale Interfaces» arbeitet an miniaturisierten Infrarot-Detektoren aus kolloidalen Quantenpunkten. Das Wort «Quantenpunkte» hört sich für die meisten Menschen erst einmal nicht nach einfacher an. Doch Shorubalko erklärt:

«Die Eigenschaften eines Materials hängen nicht nur von seiner Zusammensetzung

sie unter Umständen andere Eigenschaften als grössere Stücke desselben Materials. Der Grund dafür sind Quanteneffekte, daher auch der Name «Quantenpunkte». Für die Entdeckung und die Synthese dieser faszinierenden Kleinstpartikel erhielten Mounji Bawendi, Louis E. Brus und Alexey Ekimov 2023 den Nobelpreis in Chemie.

Die Wissenschaft hinter Quantenpunkten ist also komplex. Die Einfachheit liegt dagegen in ihrer Verarbeitung.

PUNKTLANDUNG
IR-Detektoren aus Quantenpunkten auf einer optischen Faser.

Infrarot-Strahlung. Diese Detektoren bestehen meistens aus einem kristallinen Halbleitermaterial – dem eigentlichen Detektor, zum Beispiel aus Silicium – und Elektronik zum Auslesen der Daten. Solche Halbleitermaterialien sind oft aufwändig in der Herstellung, die bei sehr hohen Temperaturen stattfinden muss und viel Energie verbraucht. Empa-Forschende sind überzeugt:

ab, sondern auch von seiner Dimensionierung.» Das heisst: Wenn man aus einem Material kleinste Partikel herstellt, haben

Kolloidale Quantenpunkte liegen in einer Lösung vor und können mittels Rotationsbeschichtung oder Druck auf unterschiedliche Materialien angebracht werden – günstiger, energieeffizienter und flexibler als konventionelle Halbleiter.

VOM MATERIAL ÜBER DEN PROZESS BIS HIN ZUR ANWENDUNG

An der Empa haben Quantenpunkte bereits Tradition. So arbeitet die Forschungsgruppe von Maksym Kovalenko im Labor «Thin Films and Photovoltaics» seit über zehn Jahren an der Synthese von Quantenpunkten aus den unterschiedlichen Materialien. Shorubalko und sein Team stellen aus den Quantenpunkten funktionierende elektronische Komponenten, sogenannte «Devices» her – zum Beispiel Infrarot-Detektoren. Gemeinsam mit weiteren Expertinnen und Experten der Empa erforschen sie zudem Verarbeitungsprozesse und weitere Anwendungen für die vielseitigen Kleinstpartikel.

Ein Beispiel: 2023 gelang es den Empa-Forschenden, einen Infrarot-Detektor aus Quantenpunkten auf eine optische Polymerfaser aufzudrucken – etwas, was mit herkömmlichen Infrarot-Detektoren nicht möglich ist. Dafür arbeiteten Komponenten-Spezialist Shorubalko und sein Doktorand Gökhan Kara nicht nur mit dem Materialexperten Kovalenko, sondern auch mit Yaroslav Romanyuk, einem Experten für Materialdruck aus dem Labor «Thin Films and Photovoltaics» sowie mit dem Faserexperten René Rossi aus dem Labor «Biomimetic Membranes and Textiles». Die Ergebnisse veröffentlichten die Forschenden 2023 in der Fachzeitschrift «Advanced Materials Technologies».

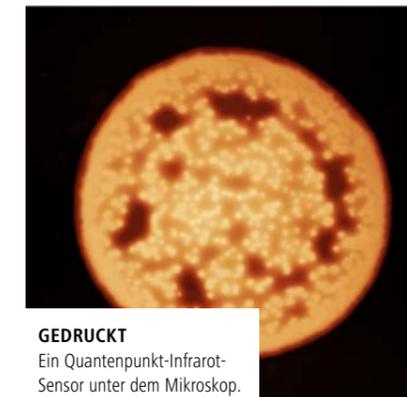
Eine mögliche Anwendung dieser Technologie wären smarte Textilien. «Der weltweite Textilmarkt ist grösser als der Markt für Verbraucherelektronik», so Shorubalko. Von den flexiblen Infra-

rot-Detektoren könnten insbesondere Spezialtextilien profitieren, beispielsweise Funktionsbekleidung für Feuerwehrleute oder medizinische Textilien für die Patientenüberwachung. Allerdings sieht Shorubalko auch viel Potenzial in der Mode: «Wenn Detektoren und andere elektronische Komponenten klein, günstig und einfach herzustellen sind, können wir auch unsere Alltagskleider damit funktionalisieren.»

Da jeder Detektor aus zahlreichen nur fünf Nanometer grossen Quantenpunkten besteht, sind ausserdem sehr kleine Detektoren möglich. In einem kürzlich veröffentlichten Artikel in der Zeitschrift «ACS Photonics» beschreiben Shorubalko, Kara und ihre Mitforschenden an der Empa und der ETH Zürich einen Infrarot-Detektor, der kleiner ist als die Wellenlänge der Strahlung, die er misst. Das ermöglicht den Forschenden, zusätzliche Eigenschaften des Infrarotlichts zu erfassen, beispielsweise Phase oder Interferenz, was den Detektor noch vielseitiger einsetzbar macht.

UNERREICHTE GESCHWINDIGKEIT

Als nächstes will Shorubalko die Geschwindigkeit des Detektors verbessern. Schnelle Infrarot-Detektoren braucht es zum Beispiel für Lidar, die lichtbasierte Technologie zur Abstandserkennung, die etwa selbstfahrenden Autos bei der Orientierung hilft. «Silizium-basierte Infrarot-Detektoren in Lidars messen Infrarot-Licht mit einer Wellenlänge von rund 905 Nanometern», erklärt der Forscher. Das Problem: Diese Wellenlänge ist für das menschliche Auge zwar unsichtbar, aber bei hoher Leistung dennoch schädlich. Deshalb darf der Laser im Lidar nur schwach strahlen, was wiederum die Reichweite des gesamten Systems einschränkt. Detektoren für ungefährliche Wellenlängen existieren, sind aber zu teuer, um grossflächig zum Einsatz zu kommen. Ein schneller De-



GEDRUCKT
Ein Quantenpunkt-Infrarot-Sensor unter dem Mikroskop.

tektor auf Quantenpunktbasis könnte eine Alternative bieten und leistungsfähige, unschädliche und kostengünstige Lidar-Systeme ermöglichen.

Wann werden quantenpunkt-basierte Infrarot-Detektoren also auf den Markt kommen? Anders als bei vielen anderen neuartigen Technologien und Materialien müssen wir uns in diesem Fall nicht weiter gedulden. «Solche Infrarot-Detektoren aus Quantenpunkten sind bereits erhältlich, beispielsweise von der US-amerikanischen Firma SWIR Vision Systems», sagt Shorubalko. «Ich habe noch nie eine Technologie erlebt, die den Sprung vom Labor in die Praxis so schnell geschafft hat.» Die Forschenden arbeiten dennoch weiter. Nun gilt es die vielversprechende Technologie noch schneller, kostengünstiger, flexibler und nachhaltiger zu machen.



TAG DER OFFENEN TÜR
FASZINIERENDE
MATERIALIEN



FORSCHEN IM UNTERGRUND

In einem kürzlich gestarteten Projekt untersucht das Wasserforschungsinstitut Eawag zusammen mit der Empa auf dem gemeinsamen Campus in Dübendorf, wie sich der Einsatz von Erdsonden-Wärmespeichern auf das umliegende Erdreich, das Grundwasser und die darin lebenden Mikroorganismen auswirkt.

Text: Cornelia Zogg, Eawag

Klassische Erdsonden-Wärmepumpen holen im Winter die Wärme aus dem Boden, um Gebäude zu heizen.

Bei den auf dem neuen Forschungscampus der Empa und der Eawag installierten Bohrloch-Wärmespeichern handelt es sich jedoch um Erdsonden, die nicht nur im Winter die Wärme an die Oberfläche holen können, sondern die Hitze aus den Sommermonaten in den Boden zurückführen, damit diese dann in der kälteren Jahreszeit zur Verfügung steht. Dabei werden dem Speicher Temperaturen bis zu 65 Grad Celsius zugeführt. Das führt dazu, dass lokal im Boden bis zu 50 Grad Celsius erreicht werden.

Bislang ist allerdings wenig darüber bekannt, wie der Untergrund und die Ökosysteme in diesen Tiefen auf eine solche Erwärmung reagieren. Das regelmässige Erhitzen und Abkühlen der Sonden in bis zu 100 Metern Bodentiefe kann die chemischen Komponenten im Grundwasser ebenso beeinträchtigen wie die mikrobiellen Gemeinschaften im Boden und im Wasser. Wie und in welchem Ausmass genau, ist nun Teil

TAG DER OFFENEN TÜR
ENERGIEWENDE



des neuen Forschungsprojekts ARTS («Aquifer Reaction to Thermal Storage»).

EIN EINZIGARTIGES SETTING

144 Erdwärmesonden wurden auf dem neuen Forschungscampus in Dübendorf «abgeteuf». Sie führen bis zu 100 Meter in die Tiefe und laufen in einem Kellerraum neben dem neuen Parkhaus zusammen. Das Erdsondenfeld wird vom Team des ehub («Energy Hub») der Empa genutzt, um experimentelle Auslegungen solcher Speicher und das Zusammenspiel mit anderen Wärmequellen zu untersuchen. Erste Resultate zeigen, dass es einen wertvollen Beitrag zur Dekarbonisierung eines lokalen Energiesystems leisten kann.

Neu sind im Januar drei weitere Löcher in den Boden gebohrt worden: die Grundwasser-Beobachtungspunkte von ARTS. Über die nächsten drei Jahre werden aus dem Untergrund Wasserproben an die Oberfläche befördert,

die Aufschluss darüber geben sollen, wie die Mikrobiologie der Umgebung auf die Sonden reagiert und inwieweit die chemische Beschaffenheit des Grundwassers beeinflusst wird.

Von den drei Bohrlöchern fördern die Forschenden mittels fünf Pumpen Grundwasserproben zutage, bevor, während und nachdem es mit den Erdsonden in Kontakt kommt. In den ersten Jahren des Projekts werden erst zwei der drei Beobachtungsstationen relevant sein, da bereits einige Monate nach Inbetriebnahme der Sonden Vergleiche möglich sind. Bis das Grundwasser aus der direkten Umgebung der Sonden allerdings die dritte Station weiter abseits erreicht, kann es mehrere Jahre dauern – so langsam fliesst das Wasser durch den Untergrund.

MASSENSPEKTROMETER IN KLEINFORMAT

Ziel des Projekts ist es, Einblicke über die Reaktionen zu erhalten, die diese Art von Wärmespeichern im Grundwasser auslösen. Das beinhaltet nicht nur die Hydrogeochemie und die Mikrobiologie, sondern auch die Analyse von entstehenden Gasen wie Sauer-

ENTSTEHUNG

Blick auf die Baustelle des neuen Forschungscampus, unter dessen Gebäude ein Erdsondenfeld mit 144 Erdsonden liegt, die bis zu 100 Meter in die Tiefe reichen (links im Bild).



stoff, Methan oder Kohlenstoffdioxid durch die Wärmeeinwirkung im Boden. Solche Gase werden hauptsächlich von Bakterien im Untergrund konsumiert und produziert – abhängig von Hitze- und Kälteeinwirkung. Dazu fliesst das Wasser in ein an der Eawag entwickeltes Massenspektrometer GE-MIMS (auch «Mini-RUEDl» genannt). «Für die nächsten drei Jahre messen Geräte stündlich die gelösten Gase im Grundwasser, während pro Minute 2,4 Liter Wasser durch das Massenspektrometer laufen», erklärt Joaquin Jimenez-Martinez, Leiter des Projekts und Forscher der Eawag-Abteilung «Wasser und Trinkwasser».

Die Wasserproben werden ausserdem von Forschenden der Eawag-Abteilungen «Umweltmikrobiologie» sowie «Aquatische Ökologie» regelmässig im Labor untersucht. Für sie steht die Frage

im Zentrum, wie sich die mikrobielle Vielfalt unter dem Einfluss von Temperaturen dieser Grössenordnung verändert. Ebenfalls lässt sich mit DNA-Spuren (eDNA) nachweisen, welche Organismen das Grundwasser bevölkern und ob sich ihre Anzahl und Verbreitung aufgrund der Erdsonden verändert.

GROSSES INTERESSE BEI BUND UND KANTONEN

Die Schweiz verfügt heute schon über die höchste Dichte an Erdwärmesonden in ganz Europa, daher stösst das Projekt bei Bund und Kantonen auf reges Interesse. Die Nachfrage nach neuen Möglichkeiten zur Energiegewinnung und saisonalen Speicherung ist im Rahmen der Energiewende zusätzlich gestiegen. Ebenso von Interesse sind die Auswirkungen des Temperatureintrags auf das Grundwasser als Gesamtsystem.

ARTS wird daher vom Bundesamt für Energie (BFE) sowie von den Kantonen Zürich, Aargau, Thurgau, Zug und Genf unterstützt und läuft unter der Kooperation der Empa und der Eawag. Dabei tragen Mitarbeiter aus den Umweltämtern von Zürich und Thurgau auch fachlich zum hydrogeologischen Verständnis bei. Eine Zusammenarbeit in diesem Umfang ist nicht alltäglich und auch die Geschwindigkeit, mit der das Projekt entstand, ist beispiellos. «Von der ersten Idee bis zur Bohrung der Löcher auf dem Campus für die Sensoren sind nur gerade zehn Monate vergangen», so Jimenez-Martinez. Das zeigt, wie drängend das Thema ist. ■

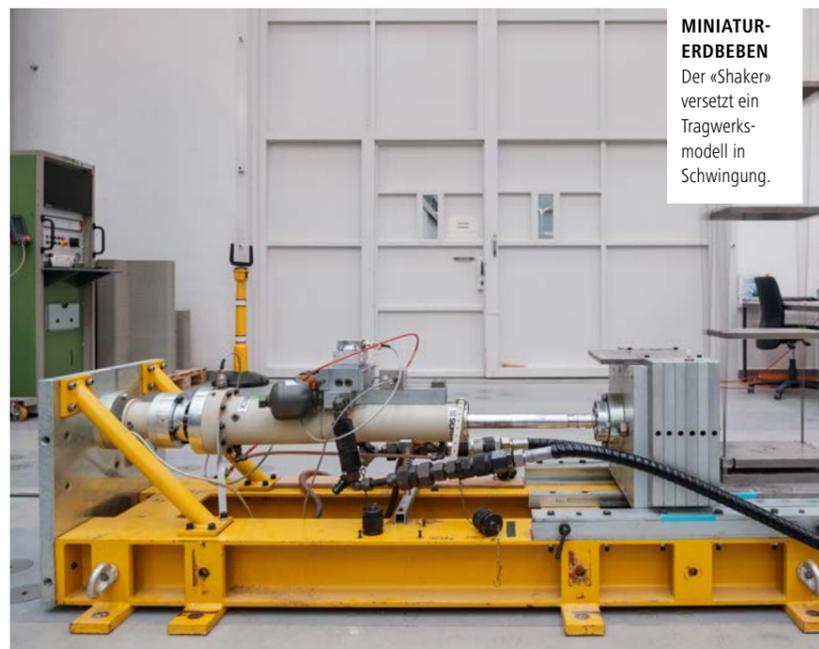


GESCHÜTTTELT, NICHT GERÜHRT

Mehrstöckige Holzbauten liegen im Trend. Damit ihnen starker Wind oder ein Erdbeben nichts anhaben können, müssen genügend Aussteifungen im Tragwerk vorhanden sein. Die Grundlagen hierzu liefern Computerberechnungen. Um diese in der Praxis zu überprüfen und die Computermodelle zu verbessern, nutzen Empa-Forschende einen zwei Tonnen schweren «Shaker».

Text: Remigius Nideröst

Im grössten Labor der Empa in Dübendorf, der Bauhalle, wird für den Tag der offenen Tür am 14. September 2024 ein eindrückliches Experiment aufgebaut. Herzstück dabei ist der sogenannte «Shaker». Mit diesem werden dann allerdings nicht von einem Barkeeper Cocktails für die Besucherinnen und Besucher gemixt, sondern die Empa-Bauingenieure René Steiger, Pedro Palma und Robert Widmann von der Forschungsabteilung «Ingenieurstrukturen» demonstrieren, wie damit ein Tragwerksmodell in Schwingungen versetzt wird, wie sie bei Erdbeben auftreten können. Am Modell zeigen die Forschenden, wie die Gewichts- und Steifigkeitsverteilung im Tragwerk dessen Schwingungsverhalten beeinflussen.



Der Hintergrund zu dieser Demonstration: Häuser aus Holz werden in der Schweiz immer beliebter, etwa wegen der Nachhaltigkeit des nachwachsenden Baumaterials. Inzwischen werden in der Schweiz bis zu 75m hohe Holzbauten mit mehr als 20 Geschossen gebaut. Bei der Mehrzahl der Wohnbauten aus Holz handelt es sich jedoch um 4- bis 5-Geschosser, die häufig in Holzrahmenbauweise ausgeführt werden. Um die horizontale Tragwerksteifigkeit eines

Baus aus vorgefertigten Holzrahmenelementen und aufgenagelten Holzwerkstoffplatten zu gewährleisten und Schäden vorzubeugen, die durch starke Windstöße oder durch Erdbeben verursacht werden, können Bauingenieure zu verschiedenen Lösungen greifen: Entweder sehen sie zusätzliche tragende Wände vor oder erhöhen den Tragwiderstand der vorhandenen Wände, indem dickere Bauteile, tragfähigeres Material oder mehr Verbindungsmittel verwendet

werden. Unter dem Strich bedeutet das mehr Material und einen erhöhten Arbeitsaufwand. Und das schlägt sich in höheren Kosten nieder. Kommt dazu: Versteifen ist nicht für jeden Fall die beste Lösung. Um Erdbebenstöße aufzufangen, ist es manchmal sogar vorteilhafter, wenn das Bauwerk nicht allzu steif ist, sondern bis zu einem gewissen Grad nachgiebig reagieren kann. Dies muss in den Berechnungen am Computer ebenfalls berücksichtigt werden.

Foto und Grafik: Empa

DATEN AUS DER PRAXIS UNTERSTÜTZEN ARCHITEKTEN UND PLANER

Die gesamte Holzbaubranche, aber auch Architekten, Ingenieurinnen und Bauherren sind daher an möglichst praxisnahen Daten zu Steifigkeit, Grundschwingzeiten und Dämpfung bei mehrgeschossigen Holzbauten interessiert, um die für ihr Objekt beste Lösung zu finden. Nur so ist sichergestellt, dass genau die benötigte Menge an Material verbaut wird – und zudem an den richtigen Stellen.

Lange gab es nur rechnerische Näherungswerte, aber keine an einem realen Objekt erhobenen Daten zu den dynamischen Eigenschaften eines mehrgeschossigen Holzbaus in hierzulande üblicher Bauweise. In Japan und Nordamerika wurden zwar Rüttelversuche durchgeführt, diese sind allerdings nicht einfach auf Schweizer Verhältnisse übertragbar, da sie Starkerdbeben simulieren. Zudem unterscheiden sich die japanischen und nordamerikanischen Konstruktionen deutlich von denen in der Schweiz. Bedingt ist dies durch unterschiedliche Anforderungen an die thermische Isolation, den Schall- und Brandschutz. In den Baunormen finden Bauingenieure nur

TAG DER OFFENEN TÜR
FASZINIERENDE
MATERIALIEN



Mittelwerte zur Steifigkeit einzelner Nagel-, Klammer- oder Schraubenverbindungen, Holzrahmentteile und Beplankungsmaterialien. Was fehlt, sind Angaben zur Steifigkeit ganzer Wandelemente oder von Wänden, die über mehrere Geschosse verlaufen.

DER «SHAKER», DER EIN HAUS ZUM SCHWINGEN BRINGT

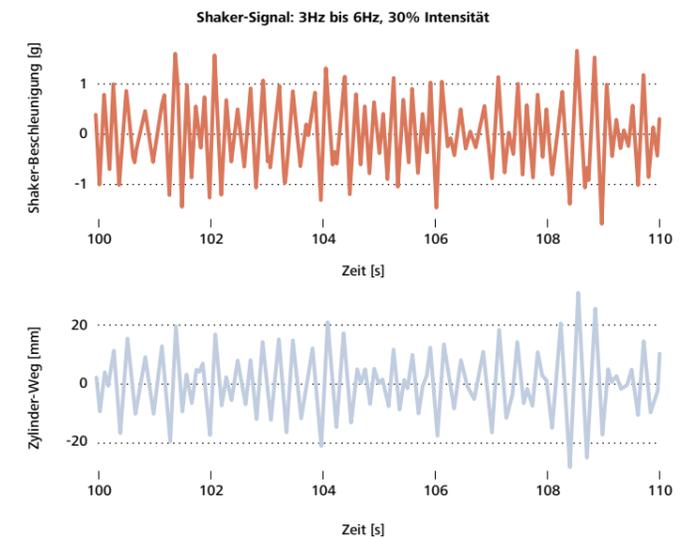
Hier kommt nun der «Shaker» der Empa ins Spiel, der hydraulische Horizontal-

STOSSWELLEN SIMULIEREN

Mit unterschiedlichsten Amplituden und Frequenzen testet der Shaker das Gebäude.

schwinger, der bis zu 1000 kg schwingende Masse kontrolliert in Bewegung versetzen kann. Einen wichtigen Einsatz für die Forschung am Holzrahmenbau hatte er vor einigen Jahren, als er per Kran in das oberste Geschoss eines im Bau befindlichen Mehrfamilienhauses aus Holz in Oberglatt im Kanton Zürich gehievt wurde. Die 1000 kg Masse, die auf dem Shaker installiert waren, setzten sich dank präziser Steuerung des Servohydraulikzylinders immer wieder in Bewegung und brachten das Holzhaus horizontal gehörig ins Schwingen. Genauso, wie es durch Windstöße oder kleinere Erdbeben im Zürcher Unterland zu erwarten wäre. Beschleunigungssensoren massen derweil auf drei Geschossen die horizontalen Bewegungen des Gebäudes und lieferten Werte zu Tragwerksteifigkeit, Eigenfrequenz und Dämpfung. Die Messungen erfolgten während drei verschiedener Bauphasen.

So konnten die Forschenden direkt am Objekt verfolgen, wie das Tragwerk immer mehr an Steifigkeit gewann: Während in der ersten Phase nur die tragenden Wände als Aussteifung wirkten, waren in der zweiten Phase auch



die Beplankungen von nicht tragenden Wänden verklammert, in der dritten Phase waren die Fenster eingebaut. «Bereits die ersten Ergebnisse zeigten, dass die Berechnungen am Modell nicht mit den Experimenten übereinstimmen», so Steiger. Das Tragwerk erwies sich als bedeutend steifer, als auf Basis der Angaben in den Normen und der verwendeten Modelle berechnet worden war.

Solche Messungen in der Praxis wie auch die Projekte im Empa-Labor geben Aufschluss darüber, wie sich die eingesetzten Baumaterialien allgemein auf Steifigkeit, Eigenfrequenz und Dämpfung von Bauten auswirken. Mit ihrer Arbeit helfen die Wissenschaftler, Normen und Computermodelle zu ergänzen, und sie unterstützen Bauingenieure und Architekten darin, ihre Planung zu optimieren. Und sie stärken damit auch die Konkurrenzfähigkeit von Holz als nachhaltigem Baustoff für mehrgeschossiges Bauen. ■



DIE BATTERIE, DIE DEM FEUER TROTZT

Ursprünglich wurde sie für Elektroautos entwickelt, heute versorgt sie Mobilfunkantennen mit Strom und morgen vielleicht ganze Wohngebiete: Die Salzbatte-rie ist eine sichere und langlebige Batterietechnologie mit enormem Potenzial. Empa-Forschende arbeiten mit einem Industriepartner daran, diese besonderen Batterien weiterzuentwickeln.

Text: Anna Ettlín

Im Jahr 1997 kippte die Mercedes-Benz-A-Klasse beim Elchtest aus der Kurve. Eine der Ursachen für den berühmt-berüchtigten Vorfall: Die A-Klasse war ursprünglich als Elektroauto konzipiert. Durch den Wechsel auf den Verbrennungsmotor entfiel die schwere Batterie, und der Schwerpunkt verlagerte sich zu weit nach oben.

Die Batterie, die in der A-Klasse hätte verbaut werden sollen, war eine sogenannte Salzbatte-rie. Im Gegensatz zu den meisten anderen Batterien, bei denen Kathode und Anode in einem

FEST STATT FLÜSSIG

Links: Meike Heinz hält ein Scheibchen des Keramikelektrolyten für die Salzbatte-rie.

Rechts oben: Im Hintergrund eine kommerzielle Salz-zelle samt ihrem Elektrolyten, im Vordergrund eine Laborzelle.

Rechts unten: Elektrolyt in der Laborzelle.



gemeinsamen flüssigen Elektrolyten «schwimmen», ist der Elektrolyt bei einer Salzbatte-rie ein Feststoff, namentlich ein keramischer Ionenleiter auf Natrium-aluminiumoxid-Basis. Der Festelektrolyt ist nicht brennbar und ermöglicht zudem eine Abtrennung von Anode und Kathode, was die Lebensdauer der Batterie erhöht. Die Kathode einer Salzbatte-rie basiert auf einem Granulat aus Kochsalz und Nickelpulver, die Natriummetail-anode entsteht erst beim Aufladen.

Für die Elektromobilität hat sich diese Batterietechnologie nicht bewährt: Heutige Elektroautos fahren mit Lithiumionen-Akkus, die leichter sind und sich schneller laden lassen. Doch in anderen Anwendungsbereichen ist die Salzbatte-rie ihrer Lithiumionen-Konkurrenz überlegen. Deshalb werden Salzbatte-rien heute aktiv erforscht – unter anderem an der Empa.

LANGLEBIG UND SICHER

Die Forschungszusammenarbeit begann 2016, als der Tessiner Salzbatte-riehersteller HORIEN Salt Battery Solutions, ehemals bekannt als FZSoNick, auf die Empa zuzug. Das Unternehmen wollte im Rahmen eines Innosuisse-Projekts den keramischen Natriumaluminiumoxid-Elektrolyten in ihren Batterie-zellen verbessern. Daraus folgten weitere Projekte zu Zellgeometrie und Elektrochemie der Salzbatte-rie, denn diese unterscheidet sich stark von anderen Batterietypen. «Der Zusammenbau von Salzbatte-riezellen für Forschungszwecke ist sehr aufwändig, und es gibt kaum Studien zu deren genauer Funktionsweise. Das macht diese Projekte so interessant für uns: Wir können sehr viel lernen und entwickeln unser Verständnis zusammen mit dem Industriepartner weiter», sagt Empa-Forscherin Meike Heinz aus dem Labor «Materials for Energy Conversion», das von Corsin Battaglia geleitet wird.

Ihr andersartiger Zellaufbau bringt der Salzbatte-rie aber auch einige Vorteile gegenüber Lithiumionen-Batterien. Zum Beispiel in Sachen Sicherheit: Zwar brauchen Salzbatte-rien eine Betriebstemperatur von rund 300° Celsius, aber sie können weder brennen noch explodieren. Deshalb kommen sie auch an Orten zum Einsatz, wo Lithiumionen-Akkus gar nicht erst zugelassen sind, etwa im Berg- und Tunnelbau und auf Offshore-Öl- und Gasförderplattformen. Durch die hohe Betriebstemperatur sind Salzbatte-rien ausserdem wesentlich weniger temperaturempfindlich als ihre Lithiumionen-Kontrahenten. Dies macht sie zu idealen Notstromspeichern für kritische Infrastruktur, beispielsweise Mobilfunkantennen. Selbst an abgelegenen und exponierten Orten können die langlebigen und wartungsfreien Salzbatte-rien ihre Arbeit über Jahrzehnte zuverlässig verrichten.

Die Betriebstemperatur ist aber auch ein Nachteil dieser Batterietechnologie: Salzbatte-rien brauchen eine «Standheitzung», um einsatzbereit zu sein. Aber ist eine Batterie, die Strom braucht, überhaupt wirtschaftlich? «Je nach Anwendung ist es wirtschaftlicher, eine Batterie warmzuhalten als sie zu kühlen», erklärt Meike Heinz. «Beim Laden und Entladen entsteht durch die natürlichen Zellwiderstände Wärme. In einem optimalen System kann sich eine grosse Batterie dadurch selbst heizen», fügt Empa-Forscher Enea Svaluto-Ferro hinzu.

ZELLCHEMIE FÜR DIE ZUKUNFT

Als Materialforschende fokussieren sich Meike Heinz und ihr Team auf die Zellchemie. Die Rohstoffe für Salzbatte-rien sind mehrheitlich günstig und in grossen Mengen verfügbar. Die Architektur der Zelle ermöglicht zudem ein einfaches Recycling. Da das Kathodenmaterial Nickel aber zunehmend als kritisch eingestuft wird, machten sich HORIEN und

TAG DER OFFENEN TÜR
ENERGIEWENDE



die Empa im Rahmen des durch das Bundesamt für Energie (BFE) geförderten Projektes «HiPerSoNick» unter anderem daran, den Nickelgehalt der Zellen zu reduzieren. Keine leichte Aufgabe, da für eine effiziente und langlebige Salzbatte-rie die Zusammensetzung und die Mikrostruktur in der Zelle sehr genau aufeinander abgestimmt sein müssen.

Als Teil des EU-Projekts «SOLSTICE», das noch bis Mitte 2025 läuft, untersuchen HORIEN und die Empa, gemeinsam mit weiteren Projektpartnern, ob sich das Nickel in Schmelzsalzbatte-rien sogar ganz durch Zink ersetzen liesse. «Der niedrige Schmelzpunkt von Zink ist bei der aktuellen Betriebstemperatur aber eine Herausforderung», so Meike Heinz. Dennoch konnten die Forschenden bereits vielversprechende Ansätze finden, um die Kathodenmikrostruktur zu stabilisieren.

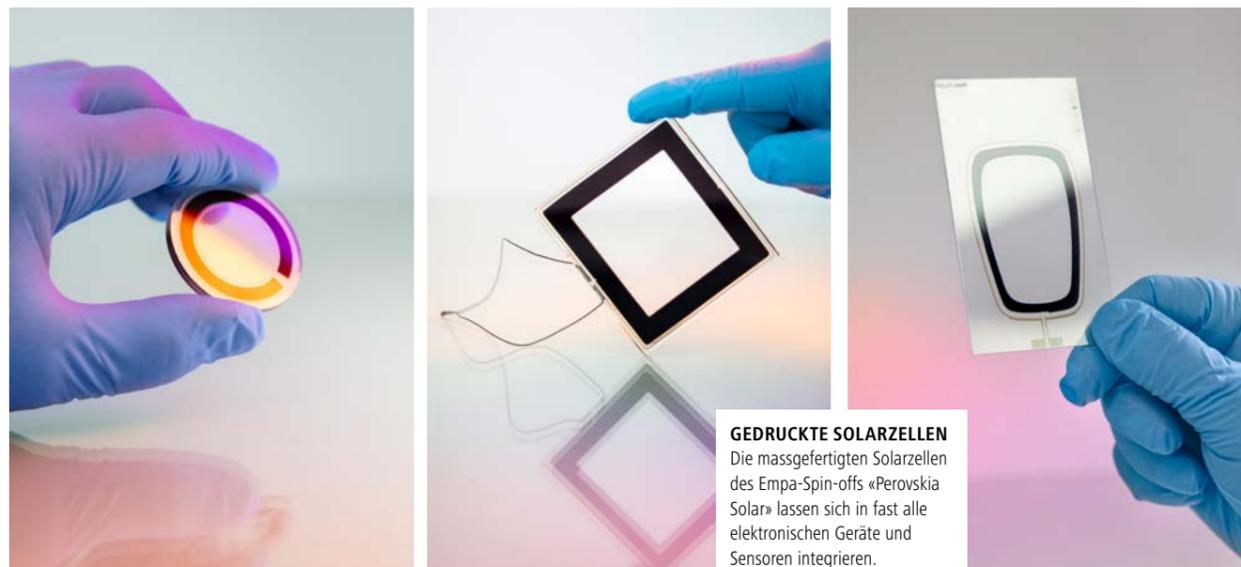
Auch weitere Projekte sind bereits angedacht, in denen die Empa-Forschenden versuchen wollen, Nickel-freie Salzbatte-rien weiter zu verbessern – und zu skalieren. Denn mit ihrer Sicherheit, ihrer langen Lebensdauer und dem Verzicht auf kritische Rohstoffe würden sich Salzbatte-rien ausgezeichnet als stationäre Speicher eignen. Wenn es gelingt, Salzbatte-rien günstig und in grossen Mengen herzustellen, könnten sie eines Tages nicht nur Mobilfunkantennen, sondern ganze Wohngebiete mit Strom versorgen. ■



SOLARZELLEN AUS DEM DRUCKER

Das Aufladen von Smartwatches, Tastaturen und Co. könnte bald der Vergangenheit angehören. Das Empa-Spin-off «Perovskia Solar» druckt Solarzellen massgefertigt für fast jedes elektronische Gerät. Diese lassen sich kostengünstig produzieren – und funktionieren sogar in Innenräumen.

Text: Manuel Martin



GEDRUCKTE SOLARZELLEN
Die massgefertigten Solarzellen des Empa-Spin-offs «Perovskia Solar» lassen sich in fast alle elektronischen Geräte und Sensoren integrieren.

Jede Person besitzt durchschnittlich sieben elektronische Geräte. Weltweit sind mehrere Milliarden Geräte im Einsatz – und mit dem «Internet of Things» (IoT) werden es immer mehr. Diese müssen regelmässig aufgeladen oder die Batterien ausgewechselt werden. Das Empa-Spin-off «Perovskia Solar» hat sich deshalb auf Solarzellen nach Mass für alle erdenklichen elektronischen Geräte spezialisiert. Herkömmliche Silicium-Solarzellen sind in der massgefertigten Herstellung jedoch aufwendig, teuer und bei schlechten Lichtverhältnissen erst noch ineffizient. «Wir können neuartige Perovskit-Solarzellen in beliebiger Grösse drucken – und

das kostengünstig. Mit ihrem hohen Wirkungsgrad versorgen sie bei hellem Wohn- und Bürolicht fast jedes elektronische Gerät in Innenräumen mit Strom», sagt Firmengründer Anand Verma.

EINE NEUE FABRIK FÜR SOLARZELLEN NACH MASS

Perovskite haben zwar hervorragende Eigenschaften: Sie absorbieren Licht besonders effizient und leiten den gewonnenen Strom gut ab. Bisher waren Solarzellen auf Perovskit-Basis jedoch nicht stabil genug und zu wenig langlebig für den grossangelegten Einsatz. Anand Verma forschte deshalb fünf Jahre an der Empa an Druckverfahren für

Perovskit-Solarzellen, bevor er sich 2020 mit seiner Firma selbständig machte. Das Empa-Spin-off ist derzeit auf der Erfolgsspur: «Perovskia Solar» beliefert über 25 internationale Unternehmen mit massgefertigten Solarzellen für das IoT und Geräte für Unterhaltungselektronik. Das Empa-Spin-off hat kürzlich in Aubonne im Kanton Waadt eine Fabrik errichtet. Jährlich sollen dort eine Million Perovskit-Elemente gedruckt werden, um elektronische Geräte mit Solarzellen auszustatten, die unseren digitalen Lebensstil mit Strom versorgen. ■



Fotos: Perovskia Solar

MUSIK UNTER HOCHSPANNUNG

Eine Teslaspule, die nicht nur Blitze, sondern auch Musik macht? Kein Problem für Silvio Müller und Yanis Strüby, die eine Lehre als Physiklaboranten an der Empa machen. Mit ihrer singenden Teslaspule gewannen sie sowohl den Jury- als auch den Teilnehmerpreis am Lehrlingswettbewerb Züri-Oberland.

Text: Anna Ettlin

Teslaspulen faszinieren. Diese elektrischen Transformatoren erzeugen eine Hochspannung – samt Blitzen und Ozongeruch. Aufgrund der geringen Leistung bleibt die Lichtshow aber meist ungefährlich, was Teslaspulen zu Publikumsmagneten in naturwissenschaftlichen Museen und Shows macht.

Diese Faszination spürten auch Yanis Strüby und Silvio Müller, Physiklaboranten-Lernende an der Empa im dritten Lehrjahr. Sie beschlossen, für den Lehrlingswettbewerb Züri-Oberland (LWZO) eine Teslaspule zu bauen. Blitze allein genügten den Empa-Lernenden allerdings nicht; ihre Spule sollte auch noch

Musik abspielen. Damit überzeugten sie vergangenen November am LWZO in Wetzikon nicht nur die Expertinnen und Experten, sondern auch die anderen Lernenden – und gewannen sowohl den Jury- als auch den Teilnehmerpreis.

HIGH-TECH UND HANDARBEIT

Der Weg dorthin war alles andere als einfach. Das Projekt musste recherchiert, geplant, berechnet, hergestellt und getestet werden. Die eigentliche Spule wickelten die Lernenden von Hand: fast 2000 Windungen, insgesamt rund 350 Meter Kupferdraht. «Wir mussten sehr vorsichtig sein, denn der Draht war sehr dünn, und er durfte nicht reissen», erinnert sich Müller. «Das war unser erstes

Hören Sie selbst:

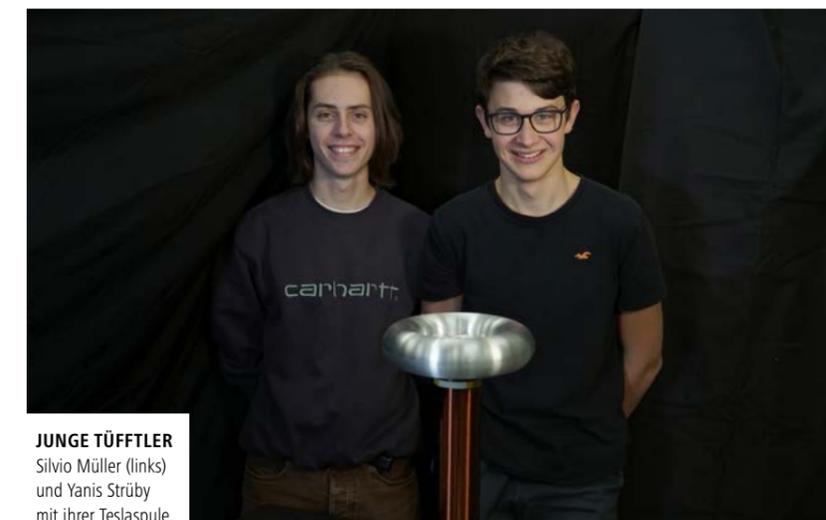
Im Video zeigen die Lernenden den Produktionsprozess der Spule – und wie sie klingt, wenn man Musik darauf abspielt.



grosses eigenes Projekt und sicher auch eine Geduldsprobe», ergänzt Strüby. «Aber wir haben es geschafft – und wir haben gelernt, dass wir auch unter Druck sehr gut zusammenarbeiten.»

Ihr Berufsbildner Dominik Bachmann, Forschungsingenieur im Empa-Labor «Transport at Nanoscale Interfaces», ermutigte die Lernenden, beim LWZO mitzumachen – die Idee mit der singenden Teslaspule, so betont Bachmann, kam aber von ihnen selbst. «Zeitweise musste ich mich auch zuerst einlesen, um ihre Fragen beantworten zu können», schmunzelt er.

Auch die älteren Lernenden waren eine Inspiration: Sofie Gnannt und Nick Cáceres gewannen im Vorjahr ebenfalls am LWZO und an weiteren Wettbewerben. «Für die Lernenden sind diese Wettbewerbe eine coole Erfahrung – und eine gute Vorbereitung für die individuelle praktische Arbeit zum Lehrabschluss», sagt Bachmann. Strüby und Müller genossen auch den Austausch mit Lernenden aus unterschiedlichen Berufen. Ihren Nachfolgern haben sie die Teilnahme am Wettbewerb bereits wärmstens empfohlen. ■



JUNGE TÜFFTLER
Silvio Müller (links) und Yanis Strüby mit ihrer Teslaspule.

Foto: Empa

RÜCKENSCHMERZEN AUF DEN GRUND GEHEN

Zahlreiche Menschen leiden an Wirbelsäulendefekten, die häufig in Zusammenhang mit degenerativen Erkrankungen stehen. Die Ursachen dafür sind noch weitgehend unbekannt. Um das zu ändern, untersuchen Empa-Forschende des «Center for X-Ray Analytics» in Zusammenarbeit mit der Universitätsklinik Balgrist in Zürich ein stabilisierendes Band in der Wirbelsäule. Das Projekt konnte vor Kurzem dank verschiedener privater Zuwendungen gestartet werden.

Text: Loris Pandiani

Immer mehr Menschen leiden unter Problemen mit der Wirbelsäule – gerade im Alter. Eine weit verbreitete Wirbelsäulenerkrankung ist etwa die lumbale Spinalkanalstenose, bei der ein Druck auf die Nervenstränge in der Wirbelsäule entsteht. Die Folgen davon können von starken Schmerzen bis hin

mit Jonas Widmer von der Universitätsklinik Balgrist diesem Verdacht genauer nachgehen. Das Projekt konnte dank Zuwendungen der Evi Diethelm-Winteler-Stiftung, der Philipp und Henny Bender-Stiftung, zweier weiterer Stiftungen sowie durch Spenden von rund 50 Privatpersonen gestartet werden.

FORSCHUNGSFÖRDERUNG DURCH DEN ZUKUNFTSFONDS

Der Zukunftsfonds der Empa sucht für herausragende Forschungsprojekte, die anderweitig (noch) nicht unterstützt werden, private Spenden. Falls auch Sie Interesse daran haben, innovative Forschung zu fördern, besuchen Sie die Website des Zukunftsfonds: www.empa.ch/web/zukunftsfonds

Analyse der Struktur und Zusammensetzung des Bands werden zudem hochauflösende 3D-Bilder der Gewebeproben mithilfe von Mikro- und Nano-Computertomographie aufgenommen.

«Unsere ersten Versuche lieferten bereits vielversprechende Daten. Wir freuen uns sehr darauf, im Laufe des Projekts ein tieferes Verständnis zur Degeneration der Wirbelsäule zu erlangen», so Annapaola Parrilli. Freuen können sich auch die Patientinnen und Patienten, die unter schweren Rückenproblemen leiden. Die Erkenntnisse aus dem Projekt sollen nämlich dazu führen, künftig schneller die geeignete Behandlungsmethode auswählen zu können. ■



FORSCHERIN
Das Interesse von Raluca Barna gilt einem Band in der Wirbelsäule.

zu Lähmungserscheinungen gehen. Bis heute weiss die Medizin nicht genau, was die Ursachen solcher degenerativen Erkrankungen sind. Erste Studien deuten darauf hin, dass ein Band zwischen den Wirbelbögen, das sogenannte Ligamentum flavum, eine entscheidende Rolle bei der Degeneration der Wirbelsäule spielen könnte. In einem kürzlich gestarteten Projekt möchte das Forscherteam um Annapaola Parrilli vom «Center for X-Ray Analytics» der Empa in Zusammenarbeit

SPANNENDE ANGELEGENHEIT

«Wir untersuchen das Ligamentum flavum mittels unterschiedlicher bildgebender und biomechanischer Methoden, um genauer zu verstehen, wie sich seine Struktur und Stabilität über die Zeit verändern», erklärt die Doktorandin Raluca Barna, die in Parrillis Team für dieses Projekt eingestellt wurde. Hierfür werden echte Ligamenta flava, die für Forschungszwecke gespendet wurden, im Labor unter Zug gesetzt. Zur präzisen

Die Medizin von morgen möglich machen.



Machen Sie den Unterschied!
Unterstützen Sie den
Empa Zukunftsfonds «Medizin».
empa.ch/zukunftsfonds

 **Empa**
Zukunftsfonds

SCHNELLER VOM LABOR ZUM PATIENTEN



**FORTSCHRITT
ERMÖGLICHEN**
Das Kantonsspital Aarau ist eines der Spitäler, das neu von der Forschungszusammenarbeit profitiert.

Fortschritte in der medizinischen Forschung und Innovation profitieren von einer engen Zusammenarbeit zwischen Ärztinnen und Ärzten einerseits sowie Forschenden andererseits. Aufgrund des zunehmenden Zeit- und Kostendrucks im Klinikalltag ist es für medizinisches Fachpersonal jedoch schwierig, sich aktiv an Forschungsprojekten zu beteiligen. Diesem Problem begegnen die Spitäler im Kanton Aargau sowie die Empa, die ETH Zürich und das Paul Scherrer Institut PSI nun gemeinsam. Ärztinnen und Ärzte können künftig über den «Verein für medizinische Forschung und Innovation im Kanton Aargau» Forschungszeit beantragen und für sechs bis 24 Monate berufsbegleitend gemeinsam mit Teams an den drei Institutionen des ETH-Bereichs forschen.



MEHR ALS PAPIER: «SWISS EPRINT»-KONFERENZ AN DER EMPA

7th edition

Swiss-@Print

The Swiss Conference on Printed Electronics and Functional Materials

September 25 – 26, 2024
Empa, Akademie

DIGITALDRUCK
Im Rahmen der siebten Ausgabe der «Swiss ePrint» treffen sich internationale Digitaldruck-Fachleute an der Empa.

Der Digitaldruck geht weit über Papier hinaus. In den letzten Jahren wurden Drucktechnologien für die Optoelektronik, für biomedizinische Anwendungen, für Rolle-zu-Rolle-Verfahren – etwa für Solarzellen – und vieles mehr entwickelt. Am 25. und 26. September findet an der Empa die siebte Ausgabe der Konferenz «Swiss ePrint» statt. An der «Swiss ePrint» treffen sich Fachleute aus der ganzen Welt, die sich mit diesem aufstrebenden Produktionsverfahren beschäftigen. Das Programm umfasst eine Reihe von Vorträgen von Expertinnen und Experten, eine Poster-Session und wertvolle Networking-Möglichkeiten. Die Anmeldung ist offen, mit Earlybird-Gebühren für Anmeldungen vor dem 23. August 2024.



Foto: Kantonsspital Aarau, Grafik: Empa

Foto: Tekniska Museet

EMPA-FORSCHUNG IN SCHWEDISCHEM MUSEUM



AUSGESTELLT
Die Empa-Papierbatterie ist für die nächsten drei Jahre im «Tekniska Museet» in Stockholm zu sehen.

Besucherinnen und Besucher des Nationalen Museums für Wissenschaft und Technologie in Stockholm, Schweden, sehen jetzt auch ein Stück Empa-Forschung. Im Rahmen der Ausstellung «Skogen» (Schwedisch für Wald) zeigt das Museum die Papierbatterie, die Empa-Forschende aus dem Labor «Cellulose and Wood Materials» unter der Leitung von Gustav Nyström entwickelt haben. Die Ausstellung bleibt über die nächsten drei Jahre offen – genug Zeit also, um eine Schwedenreise zu planen.



VERANSTALTUNGEN

20. AUGUST 2024
Konferenz: Biointerfaces International Conference
Zielpublikum: Wissenschaft und Industrie
biointerfaces.ch
FHNW Campus Muttenz

26. – 28. AUGUST 2024
Konferenz: Swiss Battery Days 2024
Zielpublikum: Wissenschaft & Industrie
swissbatterydays.empa.ch
ETH Zürich

04. – 05. SEPTEMBER 2024
SSB+RM2024 Annual Meeting
Zielpublikum: Wissenschaft
ssbrm.ch/ssbrm2024
Empa, St. Gallen

05. SEPTEMBER 2024
MARVEL Industry Day
Zielpublikum: Wissenschaft & Industrie
nccr-marvel.ch/events/2024-industry-day-empa
Empa, Dübendorf

03. OKTOBER 2024
Tage der Technik 2024: Künstliche Intelligenz in der Industrie
Zielpublikum: Industrie und Wirtschaft
www.tage-der-technik.ch
Empa, Dübendorf

28. OKTOBER 2024
Kurs: Energy Harvesting (in Englisch)
Zielpublikum: WissenschaftlerInnen, IngenieurInnen sowie technische Marketingverantwortliche
www.empa-akademie.ch/energyharvesting
Empa, Dübendorf



KOSTENLOSES ABO

Lesen Sie Empa Quarterly

Einfach Postkarte ausfüllen – und schon liegt unser Forschungsmagazin viermal jährlich in Deutsch, Englisch oder Französisch bei Ihnen im Briefkasten. Völlig kostenlos.

Oder online unter www.empaquarterly.ch



Empa
Redaktion Empa Quarterly
Überlandstrasse 129
8600 Dübendorf
Switzerland



Empa
Redaktion Empa Quarterly
Überlandstrasse 129
8600 Dübendorf
Switzerland

JETZT KOSTENLOS ABONNIEREN

Empa Quarterly

FORSCHUNG & INNOVATION



www.empa.ch/web/s604/subscribenews

GESCHENKABO FÜR:

Englisch

Deutsch

Französisch

Anrede Frau Herr

Vorname, Name _____

Firma _____

Strasse _____

PLZ, Ort _____

Land _____

E-Mail _____

Empfehlung durch _____

Ihre Daten werden vertraulich behandelt und nicht an Dritte weitergegeben.

Ja, ich möchte Empa Quarterly kostenlos abonnieren.

Englisch

Deutsch

Französisch

Ich habe eine neue Adresse: Abonnenen-Nr. _____

Anrede Frau Herr

Vorname, Name _____

Firma _____

Strasse _____

Postfach _____

PLZ, Ort _____

Land _____

E-Mail _____

Ihre Daten werden vertraulich behandelt und nicht an Dritte weitergegeben.

THE PLACE WHERE INNOVATION STARTS.