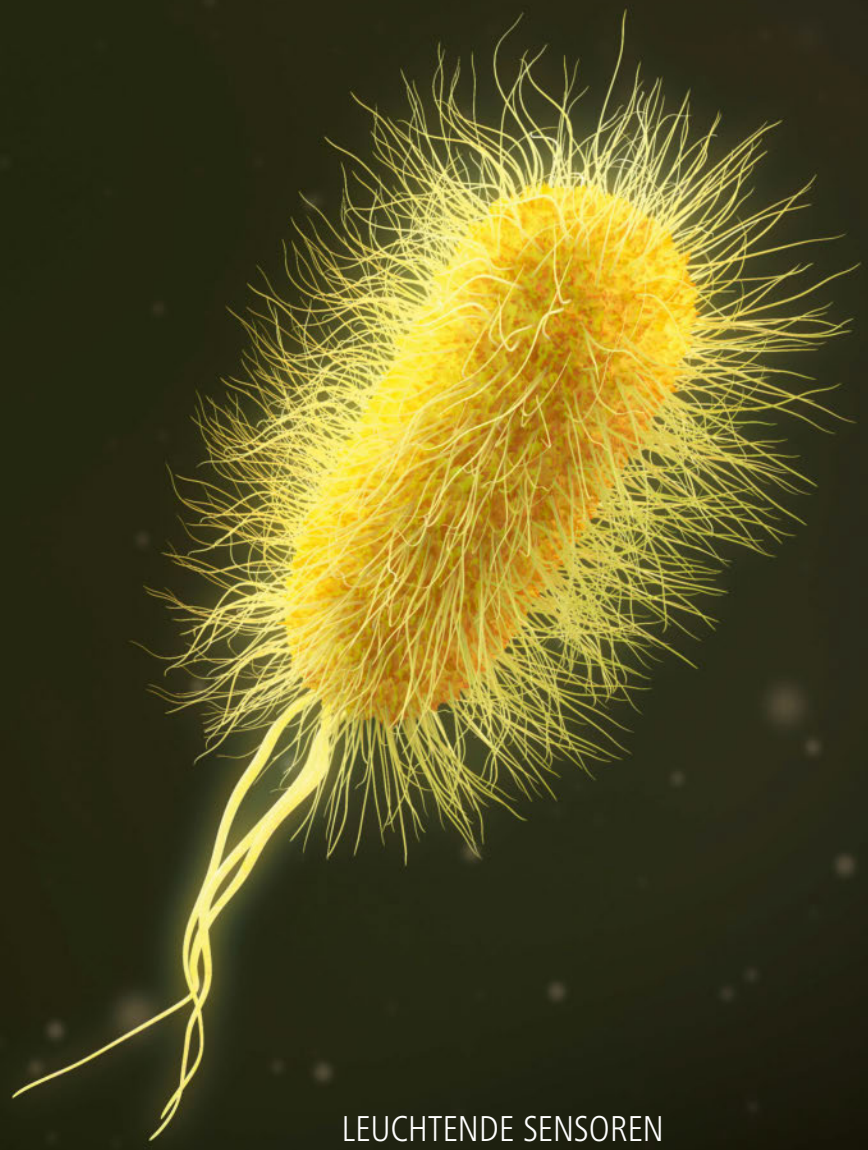
Empa Quarterly

FORSCHUNG & INNOVATION II #87 II APRIL 2025

FOKUS: GESUNDHEIT

MATERIALIEN FÜR DIE MEDIZIN

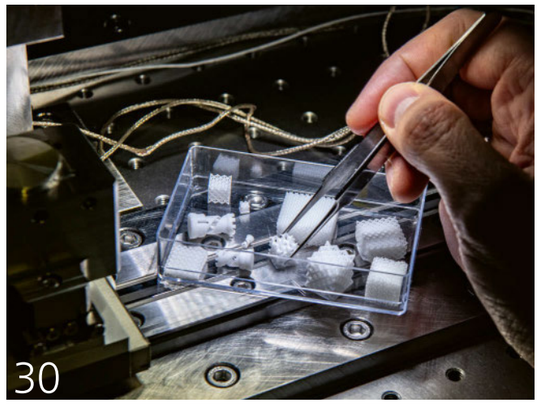


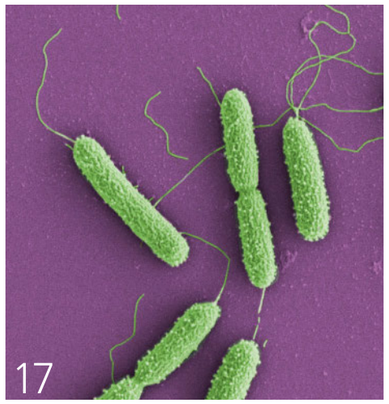
LEUCHTENDE SENSOREN
HEILENDE GOLDPARTIKEL
BEWEGTE RÖNTGENBILDER

www.empaquarterly.ch

[INHALT]

[FOKUS: GESUNDHEIT]





Bilder: Empa; Marion Nitsch; ROK Architects

[FOKUS]

14 INTERVIEW
«Man muss das ‹System Mensch› verstehen»

17 ANTIBIOTIKA-RESISTENZ
Sensoren für Superkeime

20 KREBSTHERAPIE
Goldpartikel gegen Krebs

22 NANOMEDIZIN
Hilft der Mutter, schützt das Kind

24 RÖNTGEN-TECHNOLOGIE
Bewegte Bilder für starke Schultern

26 HAUTMODELL
Künstliche Haut aus dem Ozean

[THEMEN]

08 «DRONEHUB»
Ein Nest für Drohnen

11 «EMISSION EXPLORER»
Dein Klimaballon

30 PORTRAIT
Der Material-Architekt

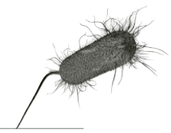
[RUBRIKEN]

04 WISSEN IM BILD

06 IN KÜRZE

28 ZUKUNFTSFONDS
Schwarz ist das neue Grün

34 UNTERWEGS



[TITELBILD]

Trotz seines flauschigen Aussehens alles andere als harmlos: Manche Stämme des Bakteriums *Escherichia coli* sind resistent gegen Antibiotika und können schwer krank machen. Empa-Forschende arbeiten an Sensoren, mit denen sich solche multiresistenten Superkeime frühzeitig aufspüren lassen (S. 17). Bild: Adobe Stock

myclimate
Wirkt. Nachhaltig
Drucksache
myclimate.org/01-25-196104

[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.)

DER MENSCH IM MITTELPUNKT

Liebe Leserin,
lieber Leser,

Der Mensch ist ein soziales Wesen. Als solches interagiert er auf mannigfaltige Weise mit seinesgleichen. Diese Erkenntnis haben wir uns an der Empa zu Herzen genommen – und letztes Jahr einen intensiven Austausch mit unseren Stakeholdern und der Bevölkerung gepflegt, sei es bei der Eröffnung neuer NEST-Units (S. 8) oder i m Verkehrshaus in Luzern (S. 11).

Der Mensch ist für die Empa indes noch auf einer ganz anderen Ebene zentral: In unseren Forschungsaktivitäten im Bereich «Materials Meet Life» erarbeiten unsere Forschenden zukunftsweisende Lösungen für die Medizin von morgen – just da, wo «herkömmliche» Materialien auf lebende treffen, also Zellen und Gewebe (S. 14). Zu diesen Treffen bringen sie teils wundersame – oder besser: heilsame – Eigenschaften mit. Da gibt es etwa Polymere, die aufleuchten, wenn eine Infektion mit bestimmten Keimen vorliegt. Oder magnetische Nanopartikel, die Bakterien aus dem Urin «fischen» können – alles Wege, um für die «stille Pandemie» gewappnet zu sein, die beunruhigende Zunahme von Krankheitserregern, die gegen (fast) alle gängigen Antibiotika resistent sind (S. 17).

Ausserdem setzen Empa-Forschende winzige Goldpartikel gegen Krebs ein (S. 20), entwickeln «Nanozyme», die bei Komplikationen während der Schwangerschaft der Mutter helfen, ohne den Fötus zu schädigen (S. 22), und nutzen Hydrogele aus der Natur, um Hautkrankheiten besser zu verstehen (S. 26). Sie sehen: Materialien sind auch in der Medizinaltechnologie wahre Alleskönner.

Viel Vergnügen beim Lesen!
Ihr MICHAEL HAGMANN

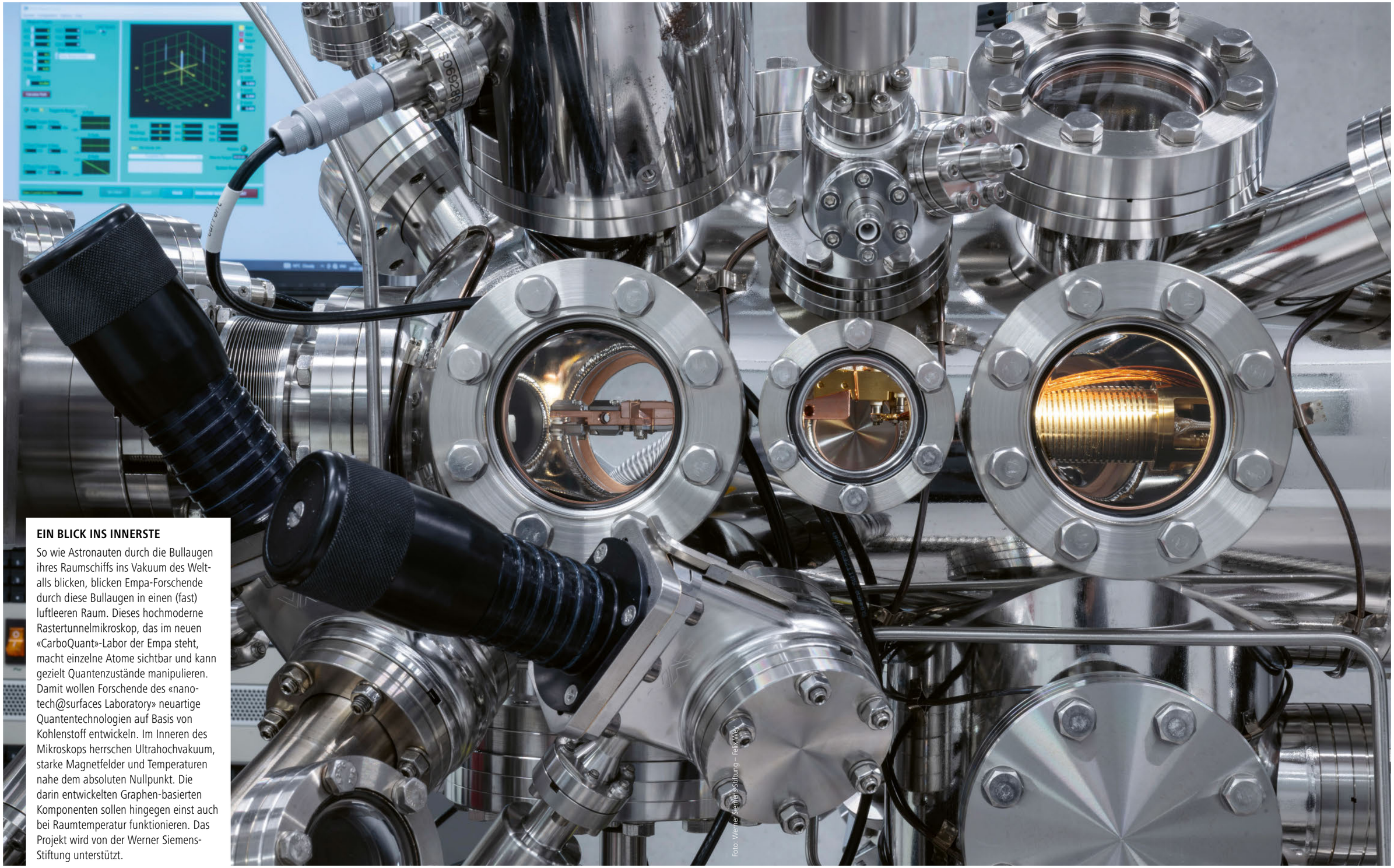


Foto: Werner Siemens-Stiftung – Felix Wey

EIN BLICK INS INNERSTE

So wie Astronauten durch die Bullaugen ihres Raumschiffs ins Vakuum des Weltalls blicken, blicken Empa-Forschende durch diese Bullaugen in einen (fast) luftleeren Raum. Dieses hochmoderne Rastertunnelmikroskop, das im neuen «CarboQuant»-Labor der Empa steht, macht einzelne Atome sichtbar und kann gezielt Quantenzustände manipulieren. Damit wollen Forschende des «nanotech@surfaces Laboratory» neuartige Quantentechnologien auf Basis von Kohlenstoff entwickeln. Im Inneren des Mikroskops herrschen Ultrahochvakuum, starke Magnetfelder und Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt. Die darin entwickelten Graphen-basierten Komponenten sollen hingegen einst auch bei Raumtemperatur funktionieren. Das Projekt wird von der Werner Siemens-Stiftung unterstützt.

NETTO-NULL IM BÜNDNER RHEINTAL BIS 2050 IST MACHBAR

DEKARBONISIERUNG
Der Kanton Graubünden hat von der Empa die Energiezukunft fürs Bündner Rheintal modellieren lassen.

Wie kann die Dekarbonisierung im Bündner Rheintal kosteneffizient umgesetzt werden? Diese Frage haben der Kanton Graubünden, die Energieversorger und führenden Industriebetriebe im Bündner Rheintal gemeinsam mit Forschenden des «Urban Energy Systems Laboratory» der Empa mittels neuartiger Modellierungstechniken untersucht. Die Ergebnisse bestätigen die Einschätzungen des Wirtschaftsforums: Die Dekarbonisierung ist technisch umsetzbar und erst noch ökonomisch interessant. Die Empa-Studie liefert konkrete technische Umsetzungsschritte und dient als Modellbeispiel, das sich auch auf andere Regionen übertragen lässt.

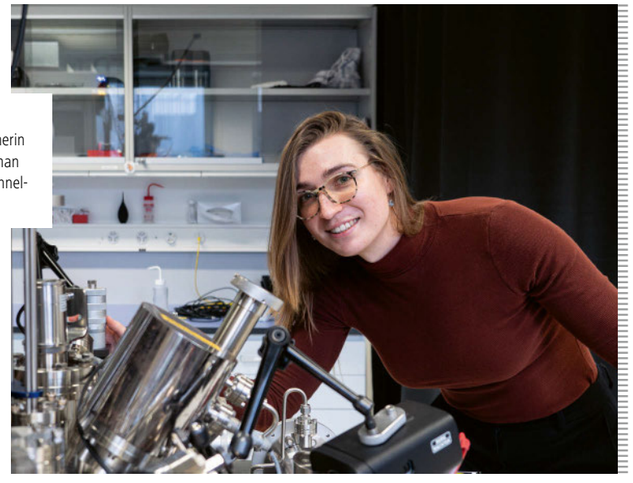
NEUES MODELL FÜR DIE AUSBREITUNG VON INFEKTIONSKRANKHEITEN

Die Reproduktionszahl R wird häufig als Indikator verwendet, um vorauszusagen, wie schnell sich eine Infektionskrankheit in der Gesellschaft ausbreitet. Allerdings lässt sie ausser Acht, dass sich nicht alle Gruppen von Menschen gleich schnell anstecken. Empa-Forschende aus dem Labor «Computational Engineering» haben ein neues mathematisches Modell entwickelt, das ebenso einfach anzuwenden ist wie R, aber genauere Vorhersagen ermöglicht. Ihr Modell setzt auf eine «Reproduktionsmatrix», die der Heterogenität der Gesellschaft Rechnung trägt.

UNGLEICH
In einer Epidemie steckt nicht jede/r Infizierte gleich viele andere Menschen an.

Fotos: Adobe Stock

JUNGFORSCHERIN BRINGT QUANTEN-MOLEKÜLE ZUM LEUCHTEN

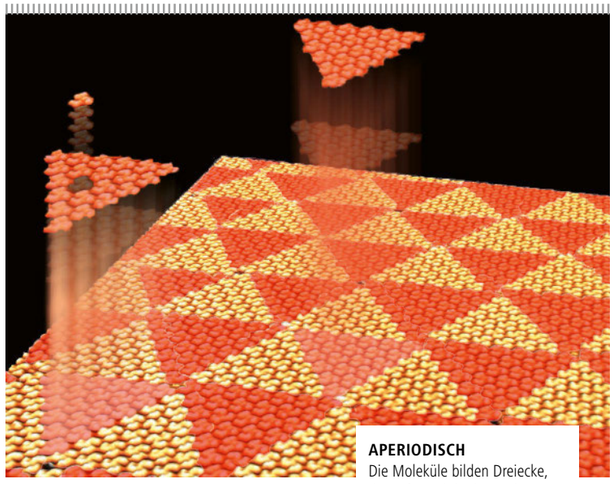


TALENT
Empa-Forscherin Eve Ammerman am Rastertunnelmikroskop.

Die Empa-Forscherin Eve Ammerman aus dem Empa-Labor «nanotech@surfaces» will Quantentechnologien einen Schritt näher zur praktischen Anwendung bringen, indem sie Quanteneffekte mit Licht kombiniert – auf molekularer Ebene. Mit solchen Nanokomponenten könnten etwa künftige Quantensysteme und bestehende Glasfasertechnologien verknüpft werden. Ihr Forschungsvorhaben wird mit einem zweijährigen «Empa Young Scientist Fellowship» gefördert.

DER MOLEKULARE EINSTEIN

Kann man eine Fläche mit einer einzigen Form – einer «Kachel» – so parkettieren, dass sich das Muster niemals wiederholt? 2022 wurde erstmals eine mathematische Lösung für dieses «Einstein-Problem» gefunden. Empa-Forschende rund um Karl-Heinz Ernst haben nun auch eine chemische Lösung entdeckt: ein Molekül, das sich auf einer Fläche von selbst zu komplexen, sich nicht wiederholenden Mustern anordnet. Für solche aperiodische Oberflächen werden besondere physikalische Eigenschaften vorhergesagt.



APERIODISCH
Die Moleküle bilden Dreiecke, die aufgrund der besonderen Molekülform nicht genau aufeinander passen. Es entstehen unregelmässige Defekte und Versätze.

Fotos: Empa

EIN NEST FÜR DROHNEN

Flugroboter, die in der Lage sind, Gebäudehüllen zu inspizieren und zu reparieren, mit natürlichen Ökosystemen zu interagieren sowie den Klimawandel und die Artenvielfalt zu überwachen: Im neu eröffneten «DroneHub» im NEST der Empa werden künftig solche Drohnen und Roboter der nächsten Generation entwickelt und getestet. Die Forschungseinrichtung entstand in Zusammenarbeit mit dem Imperial College London und widmet sich der Entwicklung von autonomen Robotern, die sowohl in natürlichen als auch in von Menschen geschaffenen Umgebungen funktionieren.

Text: Annina Schneider

Die Welt steht vor grossen ökologischen Herausforderungen, die komplexe Anforderungen an die Infrastruktur und an natürliche Ökosysteme stellen. Zur Bewältigung dieser Probleme werden praxisnahe Lösungen benötigt, die bereits validiert sind und regelmässig überprüft werden. Die Robotik kann hierbei eine entscheidende Rolle spielen. Der neue «DroneHub» im Forschungs- und Innovationsgebäude NEST der Empa bietet eine einzigartige Umgebung, in der Forschende neuartige Drohnen und Robotertechnologien testen und weiterentwickeln können. Diese sollen in der Lage sein, sich autonom in der freien Natur zu bewegen, vielfältige Daten zu sammeln und in der bebauten Umwelt allfällige Schäden zu erkennen und selbständig zu reparieren.

Die in Zusammenarbeit mit dem Imperial College London entwickelte NEST-Unit wird geleitet von Mirko Kovac, der die Imperial-Empa-Partnerschaft 2019 als Professor für «Aerial Robotics» am Imperial College London und als Direktor des «Imperial Centre of Excellence in Infrastructure Robotics Ecosystems» ins Leben gerufen hat. In Zukunft wird der «DroneHub» die gemeinsame Professur von Kovac für «Sustainability Robotics» zwischen Empa und EPFL unterstützen und eine Schlüsseleinrichtung für die weitere Partnerschaft mit dem Imperial College London sein. «Die Eröffnung dieser neuen NEST-Unit ist nicht nur ein bedeutender Meilenstein in der Drohnenforschung, sondern auch ein Beweis für die Bedeutung von Forschungskooperationen, wie die Partnerschaft zwischen der Empa und dem Imperial College London, die wir im Rahmen der Eröffnungsfeier offiziell verlängert haben», sagt Empa-Direktorin Tanja Zimmermann. Der «DroneHub» wurde so konzipiert, dass er eine Vielzahl flexibler Testumgebungen bietet, welche die Validierung von lebensechten Robotern für die Reparatur von Infrastrukturen, die Umweltüberwachung und das autonome Ökosystemmanagement ermöglichen.

FLUGROBOTER HEBEN AB – ÜBER INFRASTRUKTUR UND NATUR

«Diese nächste Generation von Drohnen könnte sowohl die Themen Wartungs-, Inspektions- und Reparaturarbeiten in der gebauten Umwelt völlig neu definieren als auch kritische Aufgaben beim Schutz der biologischen Vielfalt und bei der Abschwächung des Klimawandels übernehmen. Gleichzeitig können wir so das Risiko für den Menschen und die Betriebskosten senken», ist Mirko Kovac überzeugt. «Unsere Vision ist es, Drohnen zu befähigen, als eine Art Immunsystem für die Umwelt zu agieren, also eines, das in der Lage ist, hochpräzise Aufgaben wie die Reparatur von Schäden an Bauwerken oder in der Umweltsanierung autonom durchzuführen.»

Der «DroneHub» zeichnet sich durch drei innovative Elemente aus: einen vertikalen Bereich für die additive Fertigung aus der Luft, an der die Reparaturfähigkeiten von Drohnen an Infrastrukturen getestet werden; eine Biosphäre für die ökologische Langzeitforschung und eine Gebäudefassade, an der getestet wird, wie Drohnen in unsere Gebäude integriert werden können, um als dessen Immunsystem zu fungieren.

INNOVATIONEN AUS DER LUFT BEFLÜGELN DEN BAUSEKTOR

Der vertikale, offene Bereich des neuen «DroneHub» ermöglicht einen faszinierenden Einblick in die Zukunft der additiven Fertigung aus der Luft. Im Zentrum steht eine Wand mit austauschbaren Oberflächenelementen, an denen Drohnen Reparaturarbeiten mit modernster 3D-Drucktechnologie direkt aus der Luft ausführen können. Gleichzeitig erlaubt der Aufbau eine präzise Analyse und Optimierung der eingesetzten Druckverfahren. Ein besonderes Merkmal: Dieser Bereich befindet sich im Freien innerhalb einer Gebäudestruktur. Diese einzigartige Konstellation erlaubt es, die Leistungsfähigkeit der Drohnensysteme unter realen Bedingungen wie Wind, Wetter und den daraus entstehenden Turbulenzen zu testen. Die Drohnen können dabei in verschiedenen Höhen und Abständen zur Oberfläche arbeiten – ein entscheidender Schritt, um ihre Funktionalität und Zuverlässigkeit in realitätsnahen Szenarien zu validieren.

VON DER NATUR – FÜR DIE NATUR

Die Biosphäre im «DroneHub» – ebenfalls im Freien – ermöglicht es den Robotern, selbständig mit der Natur zu interagieren und gleichzeitig neue biologisch abbaubare Materialien zu testen. Die neuartigen, von der Natur inspirierten Roboter können Hindernissen ausweichen, auf Bäume klettern oder am Stamm andocken, um mit Hilfe fortschrittlicher Sensoren wichtige Daten aus der Natur zu sammeln. Was die Biosphäre im NEST wirklich innovativ macht, ist ihr Fokus auf Roboter aus biologisch abbaubaren Materialien, die daraufhin getestet werden, wie sie sich im Laufe der Zeit zersetzen. So wird sichergestellt, dass diese Roboter nach Erfüllung ihrer Aufgaben die Umwelt nicht belasten. Darüber hinaus wird ein Teil der Biosphäre als Gewächshaus genutzt, um Bio-Hybrid-Roboter zu züchten – Roboter, die lebende Pflanzen oder andere organische Materialien mit Robotertechnik kombinieren, um neue Synergien zwischen Technologie und Natur zu erforschen.

EIN IMMUNSYSTEM FÜR DIE GEBAUTE UND NATÜRLICHE UMWELT

Die Fassade des «DroneHub» zeigt, wie die Roboter in Gebäude integriert werden können und dabei als eine Art Immunsystem agieren. Sie erfassen autonom Daten, interagieren mit der Gebäudestruktur und den Menschen und tragen so zur Sicherheit und Effizienz zukünftiger Bauwerke bei. Die modular aufgebaute Fassade erlaubt den Austausch von Komponenten und schafft Raum für neue Innovationen, die das Zusammenspiel von Robotern, Gebäuden und deren Bewohnern optimieren.

Ein Schwerpunkt liegt dabei auf der Gefahrenabwehr, bei der Drohnen, wie etwa Feuerdrohnen, bei einem Brand, kritische Aufgaben übernehmen können, die für Menschen zu riskant sind. So entwickeln die Forscher Technologien, die Drohnen und Roboter befähigen, eng mit Menschen zusammenzuarbeiten und das tägliche Leben sicherer, effizienter und nachhaltiger zu gestalten. Ziel ist es, nicht nur funktionale, sondern auch anpassungsfähige Roboter zu entwickeln, die unsere Lebensweise verbessern und eine engere Verbindung zwischen Technologie und Alltag schaffen.

Der «DroneHub» spielt eine Schlüsselrolle bei der Entwicklung nachhaltiger Robotik-Systeme, die im Einklang mit der Natur arbeiten. Durch Tests in dynamischen Umgebungen, die reale Ökosysteme und Infrastrukturen simulieren, revolutioniert der «DroneHub» das Verständnis für autonome, umweltfreundliche Technologien. Diese neuen Technologien können einen direkten Beitrag zur Erreichung der globalen Nachhaltigkeitsziele leisten und bieten innovative Lösungen für drängende ökologische Herausforderungen. ■

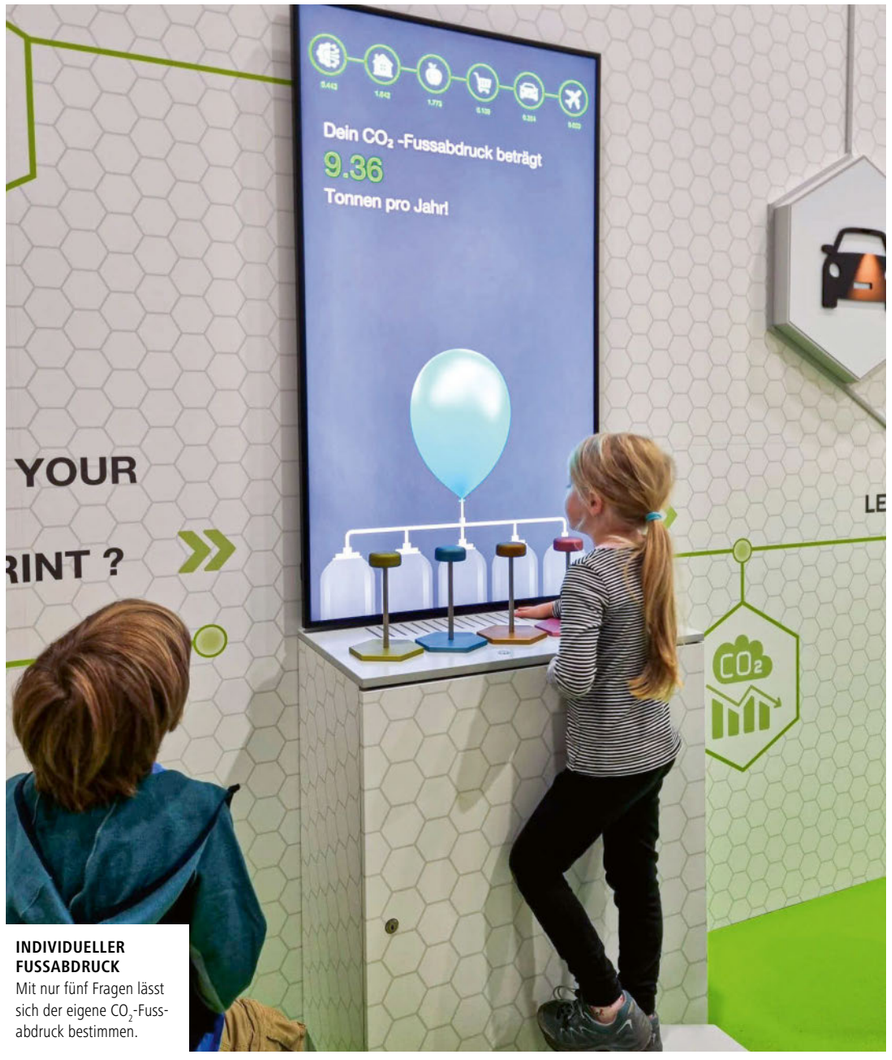
BETEILIGTE FORSCHUNGS- UND UMSETZUNGSPARTNER

Empa
Imperial College London
EPFL
ROK
Geobrugg

DEIN KLIMABALLON

Netto-Null: Das Ziel, das unsere Gesellschaft auf allen Ebenen bewegt. Aber was kann man als Einzelperson dazu beitragen? Antworten liefert der «Emission Explorer», das neue Exponat, das die Empa innerhalb von «Energy Science for Tomorrow» (ES4T), einer gemeinsamen Initiative des ETH-Bereichs mit dem Verkehrshaus der Schweiz, entwickelt hat. Spielerisch berechnen Besuchende dort ihre CO_2-Emissionen und finden heraus, in welchen Lebensbereichen sie persönlich einen konkreten Beitrag zu einer nachhaltigeren Gesellschaft leisten können.

Text: Oliver Süess



INDIVIDUELLER FUSSABDRUCK
Mit nur fünf Fragen lässt sich der eigene CO_2-Fussabdruck bestimmen.

Foto: Empa

Betritt man die «Experience Energy!»-Ausstellung im Verkehrshaus, fällt der Blick als Erstes auf den grossen Globus, der von der Decke hängt. Er zeigt auf eindrückliche Art und Weise, wie die Menschheit weltweit Energie konsumiert, Treibhausgase ausstösst und dadurch die Erde erhitzt. Die Hauptbotschaft der Ausstellung wird schnell klar: Um unsere Lebensgrundlagen zu bewahren, müssen wir unsere Energieversorgung möglichst rasch so umbauen, dass wir nur noch erneuerbare Energieträger sorgfältig nutzen.

«ES4T»

Der «Emission Explorer» ist ein Resultat der vom ETH-Rat finanzierten gemeinsamen Initiative «Energy Science for Tomorrow» (ES4T). Gemeinsam treten die ETH Zürich, die EPFL, das PSI, die Empa und das Verkehrshaus der Schweiz mit der Schweizer Bevölkerung in einen Dialog, um Wege in eine nachhaltige Energiezukunft mit dem Ziel Netto Null aufzuzeigen und zu thematisieren. Mit Einbezug des Publikums im Verkehrshaus werden bis Ende 2026 weitere Exponate, Veranstaltungen, sowie regelmässige Workshops zu Energie- und Nachhaltigkeitsthemen erarbeitet.

Wenige Schritte vom Globus entfernt hantieren Kinder und Erwachsene an farbigen Handpumpen herum. Auf dem grossen Screen vor ihnen bläst sich ein Luftballon auf. Das ist der «Emission Explorer», das neueste Exponat im Verkehrshaus, das sich seit seiner Installation Ende 2024 grosser Beliebtheit erfreut. «Bei der Entwicklung des ‹Emission Explorer› war es unser Anliegen, Inhalt und Ausführung fürs Publikum möglichst greifbar zu machen. Unser Publikum trifft im Verkehrshaus auf ein vielfältiges und hochstehendes Angebot. Umso wichtiger ist es, dass wir auch attraktive Exponate zu den Themen Energiewende und Nachhaltigkeit haben», sagt Alexander Manuzzi, Teamleiter Bildung und Vermittlung und Hauptverantwortlicher für den «Emission Explorer» am Verkehrshaus.

EIN LUFTBALLON PRO MINUTE

Was auf den ersten Blick witzig und unterhaltsam wirkt, hat einen ernsten Hintergrund: Am «Emission Explorer» berechnet man, wieviel CO_2 der eigene Lebensstil verursacht. Fünf einfache Fragen zu den Themen Wohnen, Ernährung, Konsumverhalten, Alltagsmobilität und Flugverhalten mit jeweils fünf Antwortmöglichkeiten reichen aus, um Aufschluss darüber zu erhalten, wie gross der eigene CO_2-Fussabdruck ist, wie man im Vergleich zum Rest der Schweiz und Rest der Welt steht und in welchen Lebensbereichen die grössten Hebel liegen, um die persönlichen Emissionen zu senken.

«Der Ballon steht symbolisch für die eigenen Treibhausgasemissionen», so Manuzzi. «Im Durchschnitt emittiert jede Schweizerin und jeder Schweizer pro Minute so viel CO_2, wie in einem grösseren Luftballon Platz hat. Durch das Beantworten der Fragen am «Emission Explorer» bläst man den eigenen CO_2-Ballon auf. Nach der letzten Frage platzt der Ballon und es strömt einem Luft entgegen. So werden die eigenen Emissionen nicht nur sicht- sondern auch spürbar.»

DAS «SYSTEM» SIND WIR

Ein weiteres zentrales Anliegen des «Emission Explorer» ist es, nicht nur den persönlichen CO_2-Ausstoss greifbar zu machen, sondern auch den sogenannten «Systemanteil» der Treibhausgasemissionen. Denn neben den individuellen Emissionen in den fünf Lebensbereichen entstehen in der Schweiz grosse Mengen an CO_2, die ausserhalb unserer direkten individuellen Kontrolle liegen. Dieses «System», zu dem beispielweise Industrie und Infrastruktur gehören, verursacht rund 46 Millionen Tonnen CO_2 pro Jahr. Pro Person sind das jährlich rund 5,4 Tonnen.

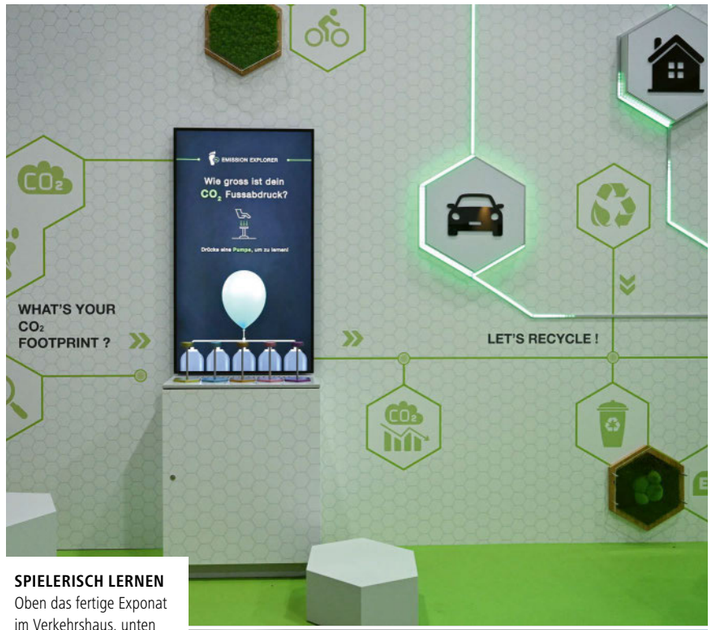
SELBST AUSPROBIEREN

Hier geht es zum Online-Prototyp des «Emission Explorer», mit dem man den eigenen CO_2-Fussabdruck spielend berechnen kann:

«Wir müssen auf allen Ebenen der Gesellschaft ansetzen, um die Energiewende zu meistern. Je schneller wir unser gesamtes Energiesystem von Öl und Gas entkoppeln, desto eher schrumpfen auch die individuellen Fussabdrücke. Das bedingt natürlich Kooperation und koordiniertes Vorgehen von ganz vielen Menschen», sagt Empa-Forscher Marcel Gauch, der die Entwicklung des Exponats gemeinsam mit seinem Kollegen Martin Gasser begleitet und die wissenschaftlichen Grundlagen dafür erarbeitet hat. «Als einzelne Person kann man hier am ehesten Einfluss nehmen, indem man zum Beispiel regelmässig zu Energie- und Klimafragen abstimmen geht oder sich für Umweltthemen einsetzt. Gleichzeitig kann man sofort und unmittelbar seinen eigenen CO_2-Ausstoss verkleinern, indem man in den fünf Lebensbereichen des ‹Emission Explorer› CO_2-arme Aktivitäten und Verhaltensweisen vorzieht. Im Kontext der Klimakrise zählt jedes vermiedene Kilogramm CO_2.»

DIE WISSENSCHAFT IM MUSEUM

Der «Emission Explorer» entstammt einer vom ETH-Rat finanzierten gemeinsamen Initiative namens «Energy Science for Tomorrow» (ES4T) (vgl. Box). Das wissenschaftliche Fundament des Exponats bildet «MatCH» – eine umfangreiche Analyse der Schweizer Volkswirtschaft, die die Empa im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU) 2016 umgesetzt hat. Die Forschenden des Empa-Labors «Technology and Society», Marcel Gauch, Cecilia Matasci und Heinz Böni, analysierten sämtliche Material- und Energieströme der Schweiz und konnten so präzise bestimmen, in welchen wirtschaftlichen Sektoren und Lebensbereichen Treibhausgasemissionen entstehen. In einer wissenschaftlichen Folgepublikation zeigten sie auf, in welchem Ausmass die verschiedenen Emissionsquellen der Schweiz unter direkter oder indirekter Kontrolle eines Individuums liegen.



SPIELERISCH LERNEN
Oben das fertige Exponat im Verkehrshaus, unten ein Prototyp von Empa-Forschenden.

Fotos: Verkehrshaus der Schweiz; Empa

Diese komplexen Daten wurden in zusammengefasster und vereinfachter Form für das Exponat aufbereitet. «Die Arbeit an ‹MatCH› war sehr intensiv und umfassend. Seit der Publikation werden die Berichte in unterschiedlichen Kontexten zitiert, von Bundesverwaltung, über Industrie, Wissenschaft und Gesellschaft», so Gauch. Nun erreicht diese Forschungsarbeit ein noch breiteres Publikum. Seit der Eröffnung Ende 2024 hat der «Emission Explorer» bereits mehr als 10'000 Interaktionen registriert. «Wir hoffen, dass dieses interaktive Exponat auch in den kommenden drei Jahren so begeistert genutzt wird und viele Menschen dazu inspiriert, ihren Weg zu einem nachhaltigeren Lebensstil zu finden», so Gauch. So lange wird der «Emission Explorer» noch im Verkehrshaus stehen. ■

DER BLICK FÜRS GANZE
René Rossi ist Co-Leiter des Departements «Materials Meet Life» und des Forschungsschwerpunkts Gesundheit.

Foto: Marion Nitsch

«MAN MUSS DAS ‹SYSTEM MENSCH› VERSTEHEN»

Was das Besondere an der Forschung im Gesundheitsbereich an der Empa ist, was das mit Materialien zu tun hat und auf welche Themen sich die Empa-Forschung konzentriert, erläutert René Rossi, Co-Leiter des Departements «Materials Meet Life» und des Forschungsschwerpunkts Gesundheit, im Interview.

Interview: Michael Hagmann

Warum betreibt ein Materialforschungsinstitut wie die Empa eigentlich biomedizinische Forschung?
Laut einer EU-Studie sind rund 70 % aller Innovationen Material-getrieben. Es gibt also zahlreiche wichtige Anwendungsfelder für neue Materialien, unter anderem eben im Gesundheitsbereich. Nehmen wir zum Beispiel ein Implantat: Das soll möglichst lange halten, man will Infektionen vermeiden, und die Oberflächenbeschaffenheit soll sicherstellen, dass es zu einer möglichst guten Integration ins Knochengewebe kommt, etwa bei einer künstlichen Hüfte – alles hochkomplexe Themen, die enorm viel materialwissenschaftliches Knowhow benötigen.

Was zeichnet Empa-Projekte im Gesundheitsbereich aus – was ist das Besondere?
In der Zusammenarbeit mit unseren klinischen Partnern sehen wir häufig einen «Push-Pull»-Prozess, der getriggert wird durch einen intensiven Dialog. Die erfolgreichsten Projekte sind diejenigen, die im Wechselspiel mit unseren Spitalpartnern unmittelbar im klinischen Umfeld entstehen. Wir zeigen dabei die technologischen Möglichkeiten neuer Materialien auf, unsere Partner sagen uns, wo der Schuh im klinischen Alltag drückt. Sie wissen zwar genau, wo sie Probleme haben – aber oft nicht, dass es für manches bereits Lösungsansätze gibt. Dieser intensive Austausch ist absolut zentral – und dafür muss man sich Zeit nehmen, um Vertrauen und ein gegenseitiges Verständnis aufzubauen. Das war auch für uns anfangs ein Lernprozess.

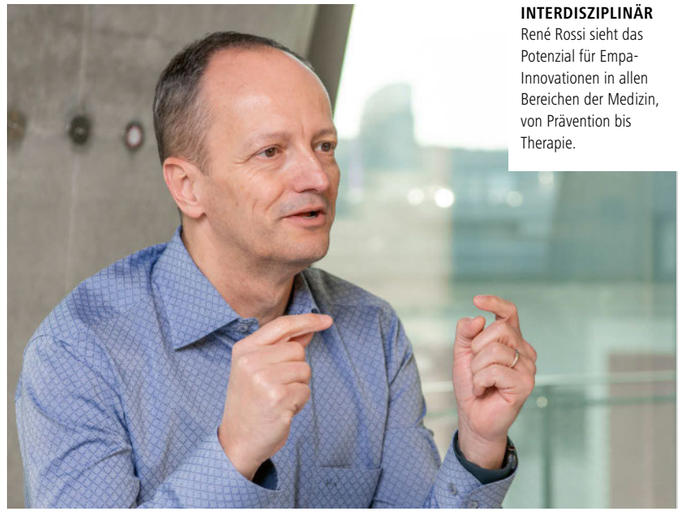
Ausserdem sind viele unserer Partnerschaften, gerade im klinischen Bereich, langfristig angelegt. Das erlaubt es uns, Technologien über verschiedene Reifegrade hinweg zu entwickeln, man spricht vom «Technology Readiness Level» (TRL), vom ersten Prototyp im Labor bis zur marktreifen Lösung, die unsere Partner nutzen und umsetzen können. Deshalb pflegen wir strategische Partnerschaften mit ausgewählten Zentren, etwa mit dem Kantonsspital St. Gallen sowie mit den Universitätsspitälern in Zürich und Bern. Und drittens sind unsere Projekte hochgradig interdisziplinär.

Was verstehen Sie darunter, wie wird das an der Empa gelebt?
Für uns heisst das, ein Problem aus ganz unterschiedlichen Blickwinkeln anzugehen, nur so kann man das Potenzial für wirklich Neues erkennen. Dafür sind wir als Empa mit all den Natur- und Ingenieurwissenschaften unter einem Dach – von Nanotechnologie und Oberflächenanalytik, Textil- und Fasertechnologien, Molekular- und Zellbiologie bis hin zu Biomechanik und Modellierung – natürlich prädestiniert. Auf der anderen Seite sind auch die modernen

> «Der intensive Austausch mit unseren klinischen Partnern ist absolut zentral.»

Gesundheitstechnologien vom Wesen her Systemwissenschaften, die zig Disziplinen vereinen. Man muss das gesamte System «Mensch» verstehen, um effektive Lösungen im Gesundheitsbereich zu entwickeln – von der molekularen Ebene bis zur Physiologie des menschlichen Körpers inklusive psychologischer und soziologischer Aspekte.

Wie muss man sich ein typisches Empa-Produkt für klinische Anwendungen vorstellen?
Ein Beispiel sind «smarte» Wundverbände. Wundheilungsprozesse sind enorm komplex und verlaufen in verschiedenen Phasen; der Wundverband muss die verschiedenen Phasen – idealerweise – optimal begleiten, vor allem in der Infektionsphase, die man frühzeitig erkennen und behandeln muss. Dabei müssen wir vor allem verhindern, ▶



INTERDISZIPLINÄR
René Rossi sieht das Potenzial für Empa-Innovationen in allen Bereichen der Medizin, von Prävention bis Therapie.

dass eine Wunde chronisch wird. Und später sollte der Verband den Heilprozess unterstützen und beschleunigen.

Ein damit verwandtes, sehr aktuelles Thema ist die weltweit zunehmende Antibiotika-Resistenz. Um dem nicht weiter Vorschub zu leisten, sollten wir Antibiotika nur dann einsetzen, wenn sie absolut notwendig sind – wir müssen also Infektionen möglichst rasch erkennen, etwa via Sensoren, die dann zum Beispiel über eine Farbänderung am Verband einen Bakterienbefall anzeigen. Gleichzeitig arbeiten wir an neuen, alternativen Therapieansätzen, etwa «lebende» Materialien wie Bakteriophagen – also Bakterien-tötende Viren, die für den Menschen harmlos sind – oder Probiotika, also «gute» Bakterien. Und auch die sollten wir nur dann «aktivieren», wenn die Wunde tatsächlich infiziert ist, etwa indem wir sie in bestimmte Polymere verkapseln, die ihren Inhalt nur dann freisetzen, wenn beispielsweise der pH-Wert in der Wunde steigt, ein Frühindikator für eine Infektion. Ein Wundverband, der all diese verschiedenen «Fähigkeiten» vereint, wäre so ein typisches Empa-Produkt.

RENÉ ROSSI

ZUR PERSON: René Rossi leitet das Empa-Departement «Materials Meet Life» gemeinsam mit Manfred Heuberger und führt zudem das Labor «Biomimetic Membranes and Textiles». Rossi entwickelt mit seinem Team intelligente Textilien als Grundlage für neuartige, digitale Gesundheitstechnologien. Neben seiner Professur an der ETH Zürich ist er Gastprofessor an der «Université de Haute-Alsace» in Frankreich.

Mit dem Thema Gesundheit assoziiert man immer auch Kosten. Wo sehen Sie Möglichkeiten, die Gesundheitskosten in den Griff zu bekommen?
In erster Linie in der Prävention und Früherkennung. Die Gesundheitskosten steigen vor allem in den letzten Jahren des Lebens stark an. Ein möglicher Ansatz wäre, ältere PatientInnen mit Hilfe tragbarer Sensoren und ihrer digitalen Zwillinge optimal begleiten und unterstützen zu können. Der digitale Zwilling könnte aufgrund der übermittelten Sensordaten – falls nötig – personalisierte Therapien vorschlagen. Ausserdem haben verschiedene Studien festgestellt, dass bis zu 50 % aller Therapien nicht korrekt angewendet werden. Wenn wir durch ein verbessertes «Health Monitoring» die Therapiesicherheit, aber auch die Compliance – und damit letztlich den Therapieerfolg – steigern könnten, wäre viel gewonnen.

Ein Blick in die Zukunft: Was hätten Sie in fünf bis zehn Jahren gerne mit Ihrer Forschung erreicht?
Seit 2023 haben wir an der Empa drei «Booster»-Programme gestartet, zum Beispiel für eine verbesserte Krebsbehandlung, die Bekämpfung von Antibiotikaresistenzen und eins zum Thema Wundheilung. Ein Wundverband, dank dem sich Wundinfektionen und vor allem chronische Wunden vermeiden liessen, etwa bei Paraplegikern und bettlägerigen Menschen, aber auch bei Neugeborenen, die aus irgendeinem Grund auf der Intensivstation liegen – das wäre ein toller Erfolg.

Und in der Demenzforschung, um ein anderes Beispiel zu nennen, wäre es ein Riesen-Fortschritt, wenn wir die ersten Anzeichen einer Erkrankung mit Hilfe einfacher Diagnostik, etwa über die Analyse von Bewegungsmustern, Vitalparametern wie Herz- und Atemfrequenz, Körpertemperatur, Blutanalysen, etc. bereits im Anfangsstadium erkennen könnten. Denn je früher man bei degenerativen Erkrankungen einschreitet – was derzeit leider noch nicht möglich ist –, desto eher kann man den Krankheitsverlauf zumindest verlangsamen. ■

Foto: Marion Nitsch

SENSOREN FÜR SUPERKEIME

Antibiotika-resistente Bakterien verursachen zum Teil lebensgefährliche Infektionen, die mit den vorhandenen Medikamenten kaum noch zu behandeln sind. Damit werden häufige Erkrankungen wie Harnwegsinfektionen oder Hautwunden zum medizinischen Risiko. Empa-Forschende arbeiten daher an Sensoren, die resistente Keime schnell identifizieren und eine effiziente Behandlung empfehlen.

Text: Andrea Six

EMPFINDLICH
In den Empa-Labors wird an Sensoren gearbeitet, deren Farbstoffe auf bestimmte Bakterien reagieren.

Foto: Empa

Die Ausbreitung von Antibiotika-resistenten Superkeimen stürzt die medizinische Versorgung weltweit in eine Krise. Es wird geschätzt, dass die Anzahl der Opfer von multiresistenten Bakterien im Jahr 2028 ähnlich hoch sein wird wie vor der Entdeckung des Penicillins 100 Jahre zuvor, verbunden mit Kosten im mehrstelligen Milliardenbereich. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) nennt denn auch die «stille Pandemie» eine der grössten Bedrohungen für die globale Gesundheit.

Befeuert wird die Ausbildung von Resistenzen, wenn vorschnell Antibiotika eingesetzt werden, ohne dass der zugrundeliegende Krankheitserreger zuvor identifiziert wurde. Nicht ganz unverständlich, denn: Bei der Diagnose mit zeitaufwändigen Methoden geht wertvolle Zeit verloren, sodass etwa in Notfallsituationen oft darauf verzichtet wird, entsprechende Laborergebnisse abzuwarten. Die mögliche Folge: Eine Behandlung bleibt wirkungslos, und das Risiko weiterer Resistenzentwicklungen steigt. Empa-Forschende arbeiten daher gemeinsam mit klinischen Partnern an innovativen Diagnostik-Tools wie Sensoren, die resistente Erreger rascher aufspüren und rechtzeitig eine massgeschneiderte Behandlung erlauben.

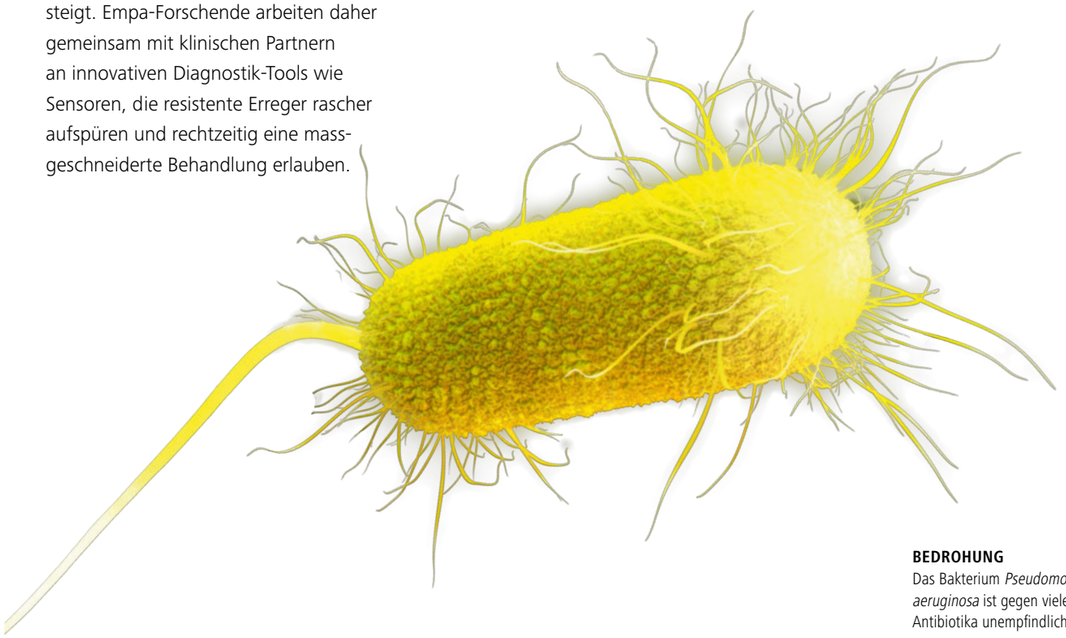
SENSOR LEUCHTET BEI LUNGENENTZÜNDUNG

Multiresistente Bakterien finden sich besonders häufig bei im Spital erworbenen Infektionen wie einer Lungenentzündung. Ein Erreger, der eine derartige Pneumonie auslösen kann, ist *Klebsiella pneumoniae*. Für diesen Superkeim entwickelt die Empa-Forscherin Giorgia Giovannini vom «Biomimetic Membranes and Textiles»-Labor zusammen mit dem Kantonsspital St. Gallen derzeit einen Sensor, der fluoreszierendes Licht abstrahlt, wenn eine *Klebsiella*-Infektion vorliegt. Dabei reagiert der Sensor auf das Enzym Urease, das die Bakterien produzieren. Im Projekt «Doorstep» arbeiten die Forschenden an Polymerpartikeln, die einen fluoreszierenden Farbstoff umgeben. Zersetzt die bakterielle Urease das Polymer, kann der Farbstoff seine Leuchtkraft entfalten. Die Diagnostikmethode soll mit einem Rachenabstrich oder einer Sputum-Probe funktionieren. Dies würde es ermöglichen, die Erreger einer Lungenentzündung innert weniger Stunden anstelle von mehreren Tagen zu bestimmen.

PFLASTER WARNT VOR WUNDKEIMEN

Ein wichtiges Anwendungsgebiet für eine schnelle und präzise Diagnose von resistenten Erregern sind zudem infizierte Wunden. Sie verursachen nicht nur Schmerzen und Gewebeschäden – sie sind auch eine Brutstätte für antibiotikaresistente Superkeime. Ein Team um die Empa-Forschenden Luciano Boesel und Giorgia Giovannini startet jetzt gemeinsam mit dem Kantonsspital St. Gallen ein Projekt, in dem sie einen Multisensorverband für Wunden entwickeln möchten. Er basiert auf Silica-Nanopartikeln, die in einem widerstandsfähigen Hydrogel aus bioverträglichen Polymeren eingelagert sind. Die Sensortechnologie soll hierbei direkt in das Verbandmaterial integriert werden. Funktionalisiert werden die Nanopartikel mit Substanzen, die Ausscheidungen von bestimmten Bakterien spezifisch anzeigen können.

So sollen die Sensoren auf besonders gefürchtete Wundkeime wie *Staphylococcus aureus* reagieren und eine Veränderung des Säure-Base-Gleichgewichts in der Wunde anzeigen. Zudem soll das Risiko einer Antibiotikaresistenz rasch sichtbar werden. Da hochpathogene Wundkeime über das Enzym Beta-Lactamase verfügen, mit dem sie bestimmte Antibiotika inaktivieren, enthält der Sensor Farbstoffe, die durch dieses Enzym gespaltet werden. Produzieren resistente Bakterien in der Wunde das Enzym, warnt der Sensor durch ein deutliches Leuchten unter UV-Licht. Im Klinikalltag erlaubt der Wundsensor so eine schnelle kostengünstige Diagnose und eine personalisierte Wundbehandlung. Das Projekt wurde dank den grosszügigen Zuwendungen der Philipp und Henny Bender Stiftung, der Blumenau-Léonie Hartmann-Stiftung, der Hans Groeber-Stiftung sowie der Räschle Stiftung ermöglicht.



BEDROHUNG
Das Bakterium *Pseudomonas aeruginosa* ist gegen viele Antibiotika unempfindlich.

Foto: Adobe Stock

Grafik: Empa

Gefährlicher Anstieg: Antibiotikaresistenz

Fakten über die stille Pandemie – und was wir dagegen tun können

POCKET FACTS 01

Empa
Materials Science and Technology

POCKET FACTS #1

Die Empa startet eine neue Serie von Kurzbroschüren, Pocket Facts, zu aktuellen Themen. Die erste Ausgabe enthält Informationen und nützliche Tipps zur Antibiotikaresistenz und zur Erkennung, Vorbeugung und Behandlung der «stillen Pandemie».

NEUER FORSCHUNGS-BOOSTER

Antibiotikaresistenzen betreffen Menschen überall auf der Welt. Für die Bekämpfung resistenter Bakterien stehen immer weniger wirksame Medikamente zur Verfügung. Darum forscht die Empa an neuen Therapien und diagnostischen Methoden. Im unlängst gestarteten «Research Booster» Antibiotikaresistenz arbeiten mehrerer Empa-Labore gemeinsam mit Spitalpartnern im Kampf gegen die «stille Pandemie» interdisziplinär zusammen, um Diagnose, Therapie und Prävention von Infektionen mit antibiotikaresistenten Keimen voranzutreiben.

BAKTERIEN IM FOKUS

Die Zahl multiresistenter Bakterienarten nimmt ständig weiter zu. Zu den Bakterien, die zu Todesfällen aufgrund Antibiotikaresistenz führen, gehören unter anderem *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Streptococcus pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii* und *Pseudomonas aeruginosa*. Falscher und übertriebener Einsatz von Antibiotika leisten der Ausbreitung der Superkeime Vorschub. 2019 wurden derartige Krankheitserreger mit rund fünf Millionen Todesfällen in Verbindung gebracht. Die Weltgesundheitsorganisation WHO hat sie daher zur Priorität für Forschung und Entwicklung erklärt.

AUS DEM URIN GEFISCHT

Ein weiterer unangenehmer Vertreter aus dem Bakterienreich ist *Pseudomonas aeruginosa*. Das Stäbchenbakterium kann diverse Krankheiten hervorrufen, darunter Infektionen des Harntrakts etwa über Harnkatheter während eines Spitalaufenthalts. Und auch diese Erreger sind häufig resistent gegen diverse Antibiotika. Ein Team aus Forschenden der Empa und der ETH Zürich hat daher ein Verfahren mit magnetischen Nanopartikeln entwickelt, das die Bakterien schnell und präzise nachweist. Da die Magnetpartikel an Eiweissbausteine gekoppelt sind, die ausschliesslich mit *Pseudomonas aeruginosa* reagieren, können die Bakterienzellen schliesslich über ein Magnetfeld spezifisch aus dem Urin «gefischt» werden. In einem nächsten Schritt wird die Empfindlichkeit der Erreger auf verschiedene Antibiotika mit einem Chemilumineszenz-Verfahren analysiert. Sind resistente Bakterien im Reagenzglas, strahlt die Probe Licht ab. Lassen sich die Keime hingegen mit Antibiotika abtöten, bleibt es dunkel. «Alles in allem dauert der Resistenztest rund 30 Minuten – im Vergleich zu mehreren Tagen bei einer klassischen Anzucht von Bakterienkulturen», so Qun Ren, Gruppenleiterin am «Biointerfaces»-Labor der Empa in St. Gallen. So lässt sich innert Kürze die passende Antibiotika-Therapie ermitteln – und dadurch die Entstehung weiterer Resistenzen verhindern. ■

Die Ausbreitung von Antibiotika-resistenten Superkeimen stürzt die medizinische Versorgung weltweit in eine Krise. Es wird geschätzt, dass die Anzahl der Opfer von multiresistenten Bakterien im Jahr 2028 ähnlich hoch sein wird wie vor der Entdeckung des Penicillins 100 Jahre zuvor, verbunden mit Kosten im mehrstelligen Milliardenbereich. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) nennt denn auch die «stille Pandemie» eine der grössten Bedrohungen für die globale Gesundheit.

Befeuert wird die Ausbildung von Resistenzen, wenn vorschnell Antibiotika eingesetzt werden, ohne dass der zugrundeliegende Krankheitserreger zuvor identifiziert wurde. Nicht ganz unverständlich, denn: Bei der Diagnose mit zeitaufwändigen Methoden geht wertvolle Zeit verloren, sodass etwa in Notfallsituationen oft darauf verzichtet wird, entsprechende Laborergebnisse abzuwarten. Die mögliche Folge: Eine Behandlung bleibt wirkungslos, und das Risiko weiterer Resistenzentwicklungen steigt. Empa-Forschende arbeiten daher gemeinsam mit klinischen Partnern an innovativen Diagnostik-Tools wie Sensoren, die resistente Erreger rascher aufspüren und rechtzeitig eine massgeschneiderte Behandlung erlauben.

Veränderung des Säure-Base-Gleichgewichts in der Wunde anzeigen. Zudem soll das Risiko einer Antibiotikaresistenz rasch sichtbar werden. Da hochpathogene Wundkeime über das Enzym Beta-Lactamase verfügen, mit dem sie bestimmte Antibiotika inaktivieren, enthält der Sensor Farbstoffe, die durch dieses Enzym gespaltet werden. Produzieren resistente Bakterien in der Wunde das Enzym, warnt der Sensor durch ein deutliches Leuchten unter UV-Licht. Im Klinikalltag erlaubt der Wundsensor so eine schnelle kostengünstige Diagnose und eine personalisierte Wundbehandlung. Das Projekt wurde dank den grosszügigen Zuwendungen der Philipp und Henny Bender Stiftung, der Blumenau-Léonie Hartmann-Stiftung, der Hans Groeber-Stiftung sowie der Räschle Stiftung ermöglicht.

GOLDPARTIKEL GEGEN KREBS

Verbreiten sich bei einer Krebserkrankung Tochtergeschwulste im Bauchraum, ist es schwierig, diese Metastasen aufzuspüren und zu bekämpfen. Forschende der Empa, der ETH Zürich und der Universität Zürich arbeiten daher an einer effizienten und schonenden Therapie mit Gold-Nanopartikeln. Direkt in den Bauchraum appliziert, sollen die Goldpartikel Tumorzellen aufspüren, in sie eindringen und durch Hitze abtöten.

Text: Andrea Six

FOKUSSIERT
Empa-Forscher Oscar Cipolato nutzt langwelliges Infrarotlicht bei der Entwicklung von Gold-Nanopartikeln zur Metastasen-Bekämpfung.

Foto: Empa

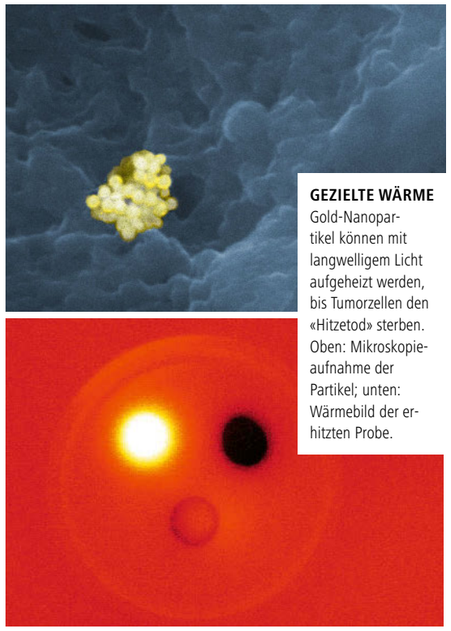
Fotos: Empa

Sind bei einer Krebserkrankung Organe im Bauchraum betroffen, können sich Krebszellen beispielsweise vom Darm oder von den Eierstöcken aus in der Bauchhöhle ausbreiten. Diese Metastasen im Bauchfell sind trotz medizinischer Fortschritte noch immer schwer zu diagnostizieren und zu bekämpfen. Die Heilungschancen sind daher auch entsprechend ungünstig, denn ein Behandlungserfolg hängt davon ab, dass jede entartete Zelle aufgespürt und entfernt werden kann. Ein Team aus Forschenden der Empa, der ETH Zürich und der Universität Zürich entwickelt daher Nanopartikel aus Gold, die Metastasen im Bauchfell gezielt angreifen und beseitigen. Erste Laborergebnisse zu der effizienten und schonenden Behandlung, die direkt in die Bauchhöhle appliziert wird, sind vielversprechend.

TROJANISCHES PFERD GEGEN KREBSZELLEN

Als Ausgangsmaterial für die nanomedizinische Krebstherapie wählten die Forschenden ein bestens bioverträgliches Material: Gold. Wird das Edelmetall aber wie ein Trojanisches Pferd in die Krebszellen eingeschleust, entpuppt es sich als wirksame Waffe. Da Goldpartikel Licht aus dem Infrarotbereich absorbieren und in Hitze umwandeln, können sie den Tumor so von innen heraus mittels Hyperthermie vernichten.

Das Team unter Leitung von Inge Herrman aus den Labors der Empa, der ETH Zürich und der Universitätsklinik Balgrist entwickelt und analysiert die Nanopartikel gemeinsam mit der Klinik für Viszeral- und Transplantationschirurgie des Universitätsspital Zürich und der Universität Fribourg. Ziel des Projekts ist es, Nanopartikel zu synthetisieren, die Metastasen wirksam und schonend zugleich beseitigen. Dabei gehen die Forschenden einen neuen Weg, um das Nanomedikament zum Wirkort – sprich: in den Tumor – zu bringen: Während herkömmliche Therapien als Infusion über einen Tropf verabreicht werden, sollen die Nanopartikel während eines minimal invasiven Eingriffs direkt in die Bauchhöhle appliziert werden, um die Effizienz zu erhöhen. Dadurch lässt sich zudem die Menge an gleichzeitig verabreichten Chemotherapie-Medikamenten verringern, wodurch schädliche Nebenwirkungen vermindert werden sollen. «In Laborexperimenten mit Gewebeproben konnten wir bereits zeigen, dass die direkte Gabe der Gold-Nanopartikel in die Bauchhöhle zu einer effizienten und selektiven Aufnahme in das gewünschte Gewebe führt», sagt Empa-Forscher Oscar Cipolato vom «Nanomaterials in Health»-Labor der Empa in St. Gallen. Um dies weiter zu steigern, optimieren die Forschenden nun Form, Oberflächenstruktur und Grösse der Nanopartikel. Ob bis zu 400 Nanometer grosse Goldkugeln oder wenige Nanometer dünne Goldstäbchen sich hierfür besser eignen, wird derzeit in weiteren Experimenten ermittelt.

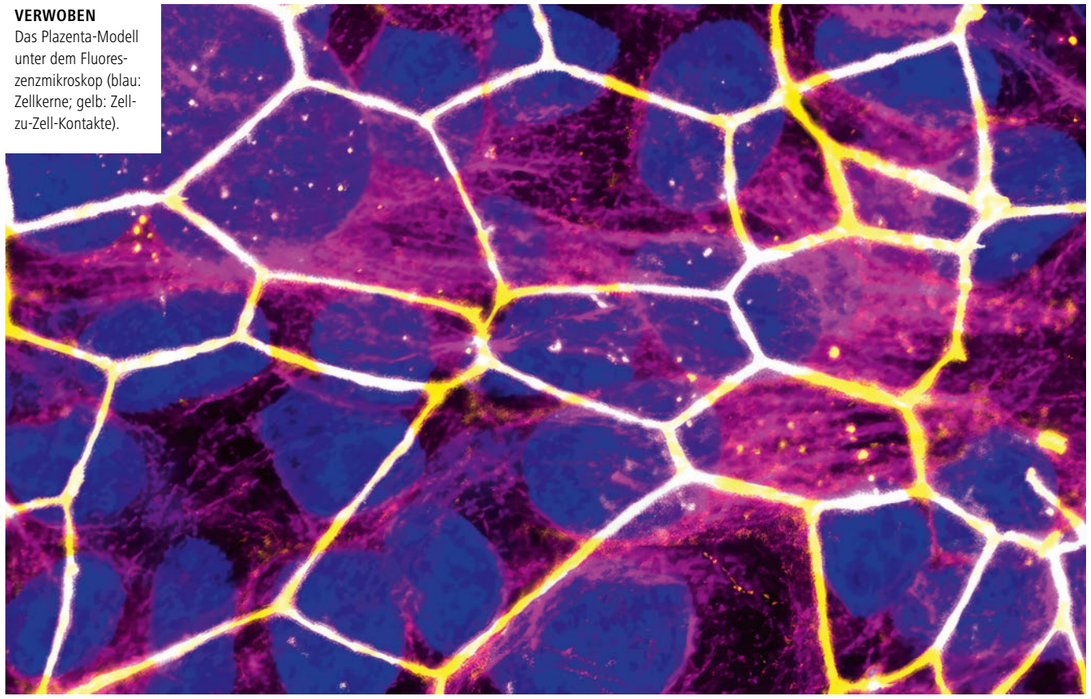


GEZIELTE WÄRME
Gold-Nanopartikel können mit langwelligem Licht aufgeheizt werden, bis Tumorzellen den «Hitzetod» sterben. Oben: Mikroskopieaufnahme der Partikel; unten: Wärmebild der erhitzten Probe.

SPÜRNASEN AUS GOLD

Um sicherzustellen, dass sich bei der Bestrahlung der Patienten mit Nahinfrarot-Licht ausschliesslich Metastasen-Gewebe auf über 42 Grad erhitzt, sollen die Nanomedikamente mit Antikörpern gegen Tumorgewebe ausgestattet werden. Auf diese Weise spüren die Nanopartikel ausschliesslich Krebszellen auf. Eine derart massgeschneiderte Therapie ist damit weniger belastend für die Erkrankten, da weniger umliegendes gesundes Gewebe geschädigt wird.

Die Nanogold-basierte Kombinationstherapie soll so rasch wie möglich im klinischen Alltag eingesetzt werden. Dafür sind grundsätzliche Informationen zur Wirkung von Nanopartikeln und deren Verteilung innerhalb der Tumoren sowie im menschlichen Körper gefragt. Um diese Lücke zu schliessen, haben die Forschenden bildgebende Verfahren optimiert, damit Nanomaterialien auf der Ebene einzelner Zellen analysiert werden können. Dank einer Kombination von Licht- und Elektronenmikroskopie können sie die Wechselwirkung der Nanopartikel mit den Zellen und die Verteilung im Gewebe genau bestimmen. Die Forschenden hoffen, dass dieses bessere Verständnis von Nanopartikeln hilft, neue Entwicklungen in der Nanomedizin für eine wirksamere und schonende Krebstherapie voranzutreiben. ■



VERWOBEN
Das Plazenta-Modell unter dem Fluoreszenzmikroskop (blau: Zellkerne; gelb: Zell-zu-Zell-Kontakte).

Foto: Empa

HILFT DER MUTTER, SCHÜTZT DAS KIND

Bei Krankheiten während der Schwangerschaft ist besondere Vorsicht geboten, denn nicht alle Medikamente sind für Mutter und Kind erträglich. Darum entwickelt ein internationales Team unter Beteiligung von Empa-Forschenden nun Nanomedikamente, die eine sichere und effektive Therapie von Entzündungsprozessen in der Schwangerschaft ermöglichen sollen. Denn Schwangerschaftskomplikationen werden häufig von Entzündungen hervorgerufen oder begleitet, jedoch sind die Behandlungsmöglichkeiten oft nicht genügend effektiv oder stehen im Verdacht, die Entwicklung des Fötus zu stören.

Text: Andrea Six

Wenn eine Schwangerschaft kompliziert wird, steht nicht nur das Leben der Mutter auf dem Spiel, sondern auch das des ungeborenen Kindes. Doch was tun, wenn Medikamente gegen weitverbreitete Infektionen und andere Schwangerschaftskomplikationen wie Schwangerschaftsvergiftung, Diabetes oder eine drohende Frühgeburt entweder nicht wirken oder zu riskant sind?

Die medizinische Forschung hat eine mögliche Antwort: Nanozyme. Die winzigen, künstlich hergestellten Partikel könnten dazu beitragen, Entzündungsprozesse in der Plazenta zu behandeln, ohne Mutter oder Kind zu schaden. Ein Team aus Forschenden der Empa, der ETH Zürich, des Kantonsspital St. Gallen und der chinesischen «Zhejiang University» entwickelt nun in einem vom Schweizer Nationalfonds (SNF) geförderten Projekt neuartige Nanozyme. Dabei wird der Entwicklungsprozess von umfassenden Studien zu deren Medikamentensicherheit begleitet.

EIN BAUKASTEN FÜR SICHERE THERAPIEN

Nanozyme sind kleinste synthetische Verbindungen im Nanometer-Bereich mit Enzym-artigen Eigenschaften, die bereits in anderen medizinischen Feldern erforscht werden, etwa in der Krebstherapie. Aufgebaut sind sie aus einem nanostrukturierten Kern (z.B. Metallatome oder Metalloxide), der die enzymatische Aktivität bestimmt, und Oberflächenmodifikationen, die die Stabilität der Nanozyme erhöhen und ihre Spezifität verbessern. «Auf diese Weise wollen wir einen massgeschneiderten Einsatz für verschiedene Anwendungsbereiche ermöglichen», erklärt Empa-Forscher Tagaras.

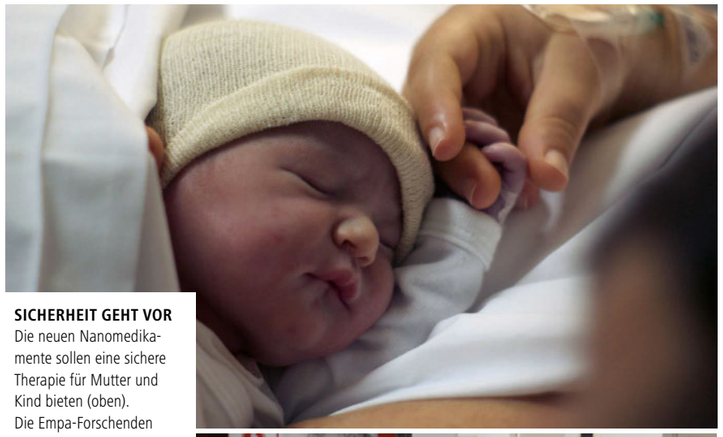
Die Aktivität der Nanozyme ändert sich dabei, je nachdem welche Krankheitsprozesse im Einsatzgebiet vorherrschen: Aus einem «Stealth Mode», einer Art inaktivem Tarnkappen-Zustand, können sie aktiv werden, um bei Entzündungsprozessen etwa reaktive Sauerstoffspezies (ROS) einzufangen oder bei einer Infektion Bakterien zu zerstören.

Die Entwicklung der Nanozyme geht dabei mit Laborexperimenten zur Sicherheit der neuartigen Medikamente einher. Hier wenden die Forschenden in den Empa-Labors entwickelte und erprobte Modelle an, die das Geschehen an der Plazenta und im Organismus von Mutter und Kind naturgetreu abbilden. «Der Aufbau, der Stoffwechsel und das Ineinandergreifen von mütterlichem und fetalem Gewebe sind beim Menschen einzigartig», sagt Teamleiterin Tina Bürki vom «Nanomaterials in Health»-Labor der Empa in St. Gallen. Daher sei es erforderlich, die Wirkung der Nanozyme an Labormodellen mit menschlichen Zellen und Geweben zu untersuchen. Zum Einsatz kommt hier das bereits etablierte Plazenta-Modell, wofür das Team voll funktionsfähige menschliche Plazenten nutzt, die nach Kaiserschnitten zur Verfügung gestellt wurden. «Nur dank menschlichem Plazentagewebe lassen sich aussagekräftige Resultate zum Transport und der Wirkung der Nanozyme ermitteln», sagt die Empa-Forscherin.

EIN VIELVERSPRECHENDER START

Einen weiteren Schritt zu sicheren Nanomedikamenten ermöglicht der sogenannte Plazenta-Chip, ein fingerlanger Polymer-Chip, auf dem menschliche Zellen wachsen, die die Plazenta-Schranke und den Embryo in möglichst realitätsnahen Bedingungen repräsentieren. Auf diese Weise können nebst Transportprozessen an der Plazenta auch die direkten und indirekten Schadwirkungen der Nanozyme auf die frühe Embryonalentwicklung untersucht werden.

Erste Ergebnisse des Projekts sind vielversprechend. «Die Nanozyme beeinträchtigen die Plazentaschranke nicht und zeigen bisher keine negativen Auswirkungen auf die untersuchten Modelle», so Empa-Forscher Tagaras. Als nächstes wird das Team die entzündungshemmende und antibakterielle Wirkung der Nanozyme analysieren. ■



SICHERHEIT GEHT VOR
Die neuen Nanomedikamente sollen eine sichere Therapie für Mutter und Kind bieten (oben).
Die Empa-Forschenden Nikolaos Tagaras und Tina Bürki (unten) arbeiten deshalb an umfassenden Sicherheitsstudien zu den neu entwickelten Nanozymen.

Fotos: unsplash; Empa

BEWEGTE BILDER FÜR STARKE SCHULTERN

Schulterinstabilitäten sind schwer zu diagnostizieren, da sie meist nur auftreten, wenn man die Schulter bewegt. Eine zeitaufgelöste 3D-Analyse ermöglicht nun erstmals eine präzise Erfassung dieser Dynamik. Empa-Forscher Ameet Aiyangar kombiniert Röntgenvideos mit virtuellen 3D-Modellen der Gelenke, um die Instabilitäten millimetergenau zu erfassen.

Text: Manuel Martin

Nach einer behandelten Schulterverletzung bleibt oft ein Gefühl der Unsicherheit – viele Betroffene berichten, die Schulter «halte nicht» oder «rutsche leicht heraus». Bei der Diagnose einer Schulterinstabilität sind Ärztinnen und Ärzte häufig auf solch subjektive Einschätzungen angewiesen. Der Grund: Gängige bildgebende Verfahren erfassen die Bewegung der Schulter nicht. Die neu entwickelte 4D-Analyse des Empa-Forschers Ameet Aiyangar geht deshalb über die statische Bildgebung hinaus: «Wir kombinieren hochpräzise Röntgenvideos aus zwei Perspektiven und rekonstruieren daraus eine vierdimensionale Bewegungsanalyse – also eine 3D-Aufnahme, während sich die Schulter bewegt.»

OPTIMIERTE THERAPIE STATT UNNÖTIGER EINGRIFFE

Die Schulter ist das beweglichste Gelenk im menschlichen Körper und daher besonders anfällig für Verletzungen. Zwar kugeln sich nur etwa zwei Prozent der Menschen irgendwann im Lauf ihres Lebens das Schultergelenk aus. Allerdings kehren viele Patienten nach einer Behandlung erneut in die Klinik zurück, da sie weiterhin Beschwerden haben oder mit dem Ergebnis unzufrieden sind. Laut Aiyangar erleidet jede zweite betroffene Person eine erneute Auskugelung des Schultergelenks. «Gerade bei chirurgischen Eingriffen ist das problematisch – bis zu zwei Drittel der operierten Patienten kugeln sich die Schulter erneut aus und suchen wieder Hilfe. Das zeigt, dass es in der Diagnostik und Therapieplanung ein grosses Optimierungspotenzial gibt.»

Derzeit wird die Stabilität des Schultergelenks meist manuell getestet – eine Methode, deren Genauigkeit stark von der Erfahrung der behandelnden Ärztinnen und Physiotherapeuten abhängt. Statische bildgebende Verfahren wie Röntgen, Magnetresonanztomographie (MRT) oder Computertomographie (CT) nützen nur ergänzend, da sie keine dynamischen Bewegungsabläufe erfassen. Mit der neuen Technologie können die Empa-Forschenden Instabilitäten erstmals quantitativ messen und gezielt analysieren. Das bietet Ärztinnen und Ärzten eine präzisere Entscheidungsgrundlage, ob eine physiotherapeutische Behandlung ausreicht oder eine Operation notwendig ist. «Das vermeidet unnötige chirurgische Eingriffe oder zögert sinnvolle nicht unnötig hinaus und ermöglicht so eine individuell optimierte Therapie», sagt Aiyangar.

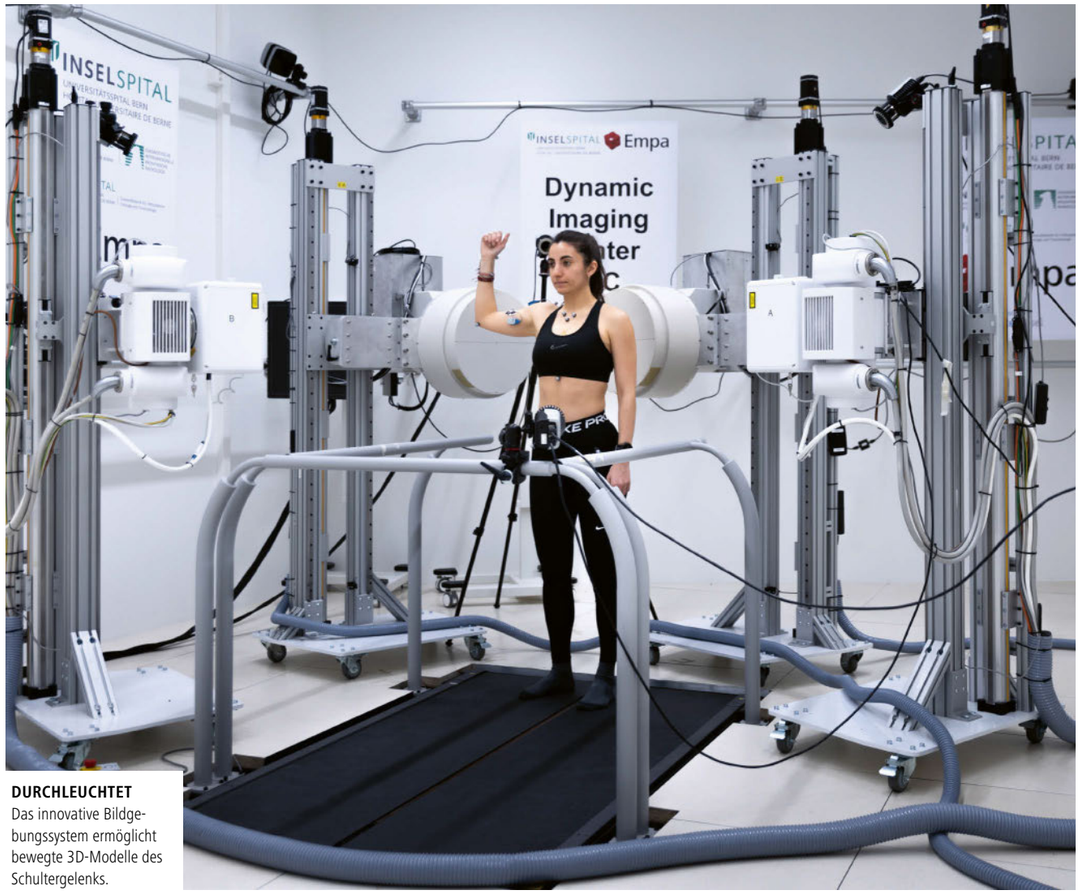
SCHULTERINSTABILITÄTEN MILLIMETERGENAU MESSEN

Für die dynamischen 3D-Bilder der Schulter kommt ein biplanares radiographisches Bildgebungssystem (DBRI) zum Einsatz das bei sitem-insel, dem Schweizer Institut für Translationale und Unternehmerische Medizin in Bern, installiert ist. Es wurde in enger Zusammenarbeit mit der Empa und dem Inselspital Bern entwickelt. Zunächst führen die Probanden gezielte Schulterbewegungen aus, die mit synchronisierten Röntgenaufnahmen aus zwei unterschiedlichen Perspektiven aufgenommen werden. Mithilfe zusätzlicher CT-Aufnahmen werden detaillierte 3D-Modelle der Knochen mit anatomischen Orientierungspunkten rekonstruiert. Ein darauf basierendes Tracking-Verfahren bestimmt die exakte Position des Schultergelenks. Abschliessend berechnet eine Optimierungs-Software die Bewegungsabläufe der Schulter.

Dadurch können die Forschenden nicht nur die groben Bewegungsmuster eines Gelenks erfassen, sondern auch die kleinsten, für die Stabilität entscheidenden Roll- und Gleit-Bewegungen – mit einer Genauigkeit im Bereich von 0,1 bis 0,5 Millimetern. «Das ist ein entscheidender Fortschritt, denn konventionelle Bewegungslabore mit Infrarotkameras und Markern auf der Haut weisen eine Ungenauigkeit von 20 bis 40 Millimeter auf – viel zu unpräzise, um Instabilitäten verlässlich zu erkennen», so Aiyangar.

DIAGNOSE OHNE STRAHLENBASIERTE BILDGEBUNG ALS ZIEL

Als nächstes ist eine gemeinsame Studie mit dem Inselspital Bern geplant, mit dem eine langjährige Forschungskooperation besteht. Gesucht werden rund 40 Patienten mit unbehandelter Schulterinstabilität, die vor und nach einer gezielten Muskelkräftigung untersucht werden sollen. Individuelle muskuloskelettale Modelle spielen dabei eine zentrale Rolle, um die Wechselwirkungen zwischen Muskeln, Gelenken und Kräften zu analysieren. «Langfristig hoffen wir, dass unsere vierdimensionale Bewegungsanalyse ihren Weg in die klinische Praxis findet. Denn bei der Behandlung von Gelenkinstabilitäten liegt das Problem hauptsächlich in der Dynamik», erklärt Aiyangar. Auf Basis der biomechanischen Studiendaten will der Empa-Forscher zudem kraftgesteuerte kinematische Modelle entwickeln, die neben der Bewegung auch Muskelkräfte und Gelenkbelastungen berücksichtigen. Diese sollen künftig eine patientenspezifische dynamische Analyse der Schulterinstabilität ermöglichen – und somit eine umfassende klinische Diagnose ohne strahlenbasierte Bildgebung. ■



DURCHLEUCHTET
Das innovative Bildgebungssystem ermöglicht bewegte 3D-Modelle des Schultergelenks.

Foto: Empa

KÜNSTLICHE HAUT AUS DEM OZEAN

Zellen im Labor wachsen lassen: Diese Kunst beherrscht der Mensch schon lange. Schwieriger wird es, wenn ganze Gewebe nachgebaut werden sollen. Empa-Forschende entwickeln hierfür ein neues Material auf Basis von Fischgelatine, das die Herstellung von lebenden dreidimensionalen Modellen der menschlichen Haut möglich macht. Die Modelle sollen helfen, Hautkrankheiten besser zu verstehen und zu behandeln.

Text: Anna Ettlin

AUS DER NATUR INS LABOR
Doktorand Tobias Hammer bereitet Proben des neuartigen Hydrogels vor.

Foto: Empa

Die Haut ist das grösste Organ des Menschen. Sie macht etwa 15 Prozent unseres Körpergewichts aus und schützt uns vor Krankheitserregern, Austrocknung und Temperaturextremen. Hautkrankheiten sind daher nicht bloss unangenehm – sie können für die Betroffenen auch schnell gefährlich werden. Obwohl Leiden wie Hautkrebs, chronische Wunden und Autoimmunerkrankungen der Haut weit verbreitet sind, wissen wir häufig noch zu wenig darüber, warum sie entstehen und wie wir sie effektiv behandeln.

Um Antworten auf diese Fragen zu finden, arbeiten Empa-Forschende gemeinsam mit Ärztinnen und Ärzten an einem Modell der menschlichen Haut, mit dem sich Hautkrankheiten simulieren und so besser verstehen lassen. Dabei handelt es sich nicht etwa um ein Computer- oder ein Kunststoffmodell. Vielmehr wollen die Forschenden aus den Laboren «Biointerfaces» und «Biomimetic Membranes and Textiles» eine lebendige «künstliche Haut» herstellen, die Hautzellen enthält und die Schicht- und Faltenstruktur der menschlichen Haut emuliert. Das Projekt ist Teil der Schweizer Forschungsinitiative «SKINTEGRITY.CH» (vgl. Box).

Um etwas so Komplexes wie die menschliche Haut nachzubauen, brauchen die Forschenden zunächst einmal geeignete Baumaterialien. Hier hat ein Empa-Team kürzlich Fortschritte erzielt und ein Hydrogel entwickelt, das die komplexen Anforderungen erfüllt und zudem noch einfach herzustellen ist. Die Grundlage: Gelatine aus der Haut von Kaltwasserfischen.

MEHR ALS NUR ZELLEN

Wie die meisten Gewebe besteht die Haut aus Zellen, die in eine sogenannte extrazelluläre Matrix eingebettet sind: ein Netzwerk aus Proteinen und anderen Biomolekülen, das dem Gewebe Form und Struktur verleiht und die Zellen unterstützt. Die extrazelluläre Matrix unterscheidet sich von Gewebe zu Gewebe – bei der Haut sogar von Schicht zu Schicht. Um ein repräsentatives Hautmodell herzustellen, braucht es also eine geeignete Substitution für diese Matrix.

Eine Möglichkeit, die extrazelluläre Matrix zu simulieren, sind Hydrogele: besondere Polymere, deren Ketten locker miteinander vernetzt sind. Das erlaubt ihnen, grosse Mengen an Wasser und anderen Flüssigkeiten aufzunehmen. Sie eignen sich insbesondere für die Simulation der extrazellulären Matrix der Haut, die viel Wasser und andere Flüssigkeiten enthält. Ein weiterer Vorteil: Viele Hydrogele lassen sich mit dem 3D-Drucker verarbeiten. «Der 3D-Druck ist ein mächtiges Werkzeug für die Entwicklung von Hautmodellen. Damit lassen sich die Hautzellen in bestimmten Mustern in die Hydrogel-Matrix einsetzen», sagt Kongchang Wei, Leiter der Forschungsgruppe «Tissue-Regenerative Soft Materials». «3D-Druck erlaubt uns, mehrere Materialien und Zelltypen in einer einzigen Struktur zu vereinen – wie dies bei der echten Haut auch der Fall ist.»

«SKINTEGRITY.CH»
«SKINTEGRITY.CH» ist ein kollaboratives und interdisziplinäres Forschungsnetzwerk. Es will besser verstehen, was in der Haut auf molekularer Ebene bei Verletzungen, Heilung oder Krankheit geschieht; die Diagnose und Behandlung verbessern; sowie jungen Hautforschenden und KlinikerInnen eine interdisziplinäre Ausbildung bieten. Getragen wird die Initiative von der Universitätsmedizin Zürich (UMZH) und verschiedenen Forschungsinstitutionen. Die Empa-Labors «Biointerfaces» und «Biomimetic Membranes and Textiles» sind Teil des Konsortiums.

Nur: Gerade aufgrund ihrer Wasseraufnahmefähigkeit quellen die meisten Hydrogele stark, wenn sie nach dem 3D-Druck erstmals in Kontakt mit Flüssigkeit kommen. Das Quellen verändert ihre Form und führt zu Abweichungen vom Design des geschichteten Hautmodells. Zwar gibt es auch nicht-quellende Hydrogele, ihre Herstellung und ihr 3D-Druck sind in der Regel aber sehr komplex. «Wir haben festgestellt, dass die Natur bereits eine viel einfachere, elegantere Lösung hat», so Wei. Gelatine aus Kaltwasserfischen wie Kabeljau, Seelachs und Schellfisch lässt sich mit wenigen Handgriffen so vernetzen, dass sie zu einem nicht-quellenden Hydrogel wird, das mit Hautzellen gemeinsam bedruckt werden kann.

«Unser Hautmodell soll nicht nur die Schichten Dermis und Epidermis beinhalten, sondern auch die zwischen diesen beiden Hautschichten liegende Basalmembran abbilden», sagt Wei. «Mit dem Hydrogel auf der Basis von Gelatine aus Kaltwasserfischen sowie mit einer weiteren Polymerverarbeitungstechnik, dem Elektrospinnen, kommen wir diesem Ziel näher.»

VON HAUTFORSCHUNG ZU WUNDHEILUNG

Ausserdem könnte das Hydrogel (ohne lebende Zellen) Anwendung als Verbandsmaterial finden. Wie Hydrogele aus tierischer Gelatine ist das resultierende Material biologisch kompatibel mit menschlichen Hautzellen und lässt sich 3D-drucken. Dabei weist es aber eine entscheidende Besonderheit auf: Da Fische evolutionär weiter vom Menschen entfernt sind, verursacht Fischgelatine weniger Immunreaktionen und birgt ein geringeres Risiko der Krankheitsübertragung als vergleichbare Materialien auf der Basis von Säugetier-Gelatine. «Fischhaut wird zurzeit als ein vielversprechendes Mittel zur Wundheilung erforscht», weiss Wei. «Unser Hydrogel ist homogener, sicherer und kann genau auf die Bedürfnisse der Patientinnen und Patienten zugeschnitten werden, beispielsweise mit unterschiedlichen Formen, Stärken und Festigkeit. Sogar die Integration von Medikamenten wäre denkbar», führt der Forscher aus.

Auch deshalb haben die Forschenden ihr Hydrogel auf Fischgelatinebasis zum Patent angemeldet. In einem nächsten Schritt wollen sie das lebende Hautmodell fertig entwickeln und anderen Wissenschaftlern zur Verfügung stellen. «Wir hoffen, damit ein besseres Verständnis für die Entstehung und die Behandlung von Hautkrankheiten zu fördern», so Wei. Ausserdem planen die Empa-Forschenden, das ungewöhnliche Quellverhalten ihres Hydrogels genauer unter die Lupe zu nehmen. ■

SCHWARZ IST DAS NEUE GRÜN

Um die Atmosphäre von überschüssigem CO_2 zu befreien, wollen Empa-Forschende die Pyrolyse von Biomasse nutzen. Der so stabilisierte und gebundene Kohlenstoff kann in unterschiedlichsten Bereichen verwendet werden, vom Bau bis hin zur Medizin. Erste Forschungsarbeiten an der Empa zu Baumaterialien konnten das Potenzial des Materials bereits zeigen. Um die Brücke in die Wirtschaft zu schlagen, soll nun ein grösserer Pyrolysereaktor aufgebaut werden.

Text: Anna Ettlin

Was der Mensch nur mit aufwändigen technischen Anlagen schafft, gelingt der Natur mühelos: CO_2 aus der Atmosphäre entziehen. Pflanzen binden beim Wachstum atmosphärischen Kohlenstoff. Wenn sie verwesen oder verbrannt werden, setzen sie die gleiche Menge CO_2 wieder frei. Was wäre aber, wenn wir diese erneute Freisetzung verhindern könnten?

KONSERVIERT
Durch Pyrolyse wird der Kohlenstoff aus der Biomasse haltbar gemacht.

Mit dieser Frage beschäftigen sich Empa-Forschende rund um Jannis Wernery aus dem Empa-Labor «Building Energy Materials and Components». Sie stabilisieren den gebundenen Kohlenstoff, damit er dauerhaft gespeichert oder sogar zu neuen Materialien verarbeitet werden kann. Die Methode dafür heisst Pyrolyse. Das pflanzliche Material wird unter reduzierter Sauerstoffzufuhr erhitzt und verkohlt dabei. Solange die Pflanzenkohle nicht verbrannt wird, wird durch diesen Prozess der Atmosphäre überschüssiges CO_2 entzogen – die Vision der Empa-Forschungsinitiative «Mining the Atmosphere», an der Wernery und sein Team beteiligt sind.

Die Entfernung von CO_2 aus der Atmosphäre ist zwingend nötig, um das Klimaziel der Schweiz von einer maximalen Temperaturerhöhung von 1,5 °C bis ins Jahr 2100 zu erreichen.

Erste Projekte an der Empa, auch im Rahmen der Joint Initiatives «Speed-2Zero» und «SCENE», zeigen, dass sich Pflanzenkohle etwa zur Herstellung kompetitiver Dämmmaterialien oder als Zuschlag zu Beton einsetzen lässt.

Damit diese CO_2-negative Technologie den Weg aus dem Labor in die Wirtschaft findet, planen die Forschenden die Anschaffung eines grösseren Pyrolysereaktors basierend auf einer flexiblen, gut skalierbaren Technologie. «Damit können wir auf grösserem Massstab für die ganze Empa eine Plattform für weitere Forschung an der Herstellung und Verwertung von biogenem Kohlenstoff etablieren», so Wernery. Der neue Reaktor wird es den Forschenden auch ermöglichen, die anderen beiden Produkte der Pyrolyse, das Pyrolyseöl und das Pyrolysegas, genauer unter die Lupe zu nehmen. Diese Gemische aus unterschiedlichen Kohlenstoffverbindungen gelten als potenzielle Quellen von synthetischen Treibstoffen oder von Rohstoffen für die chemische sowie die pharmazeutische Industrie. ■

ZUKUNFTSFONDS
Der Zukunftsfonds der Empa sucht für herausragende Forschungsprojekte, Talente und Infrastruktur – wie den Pyrolysereaktor –, die anderweitig (noch) nicht unterstützt werden, private Spenden. Weiterführende Informationen finden Sie hier:

Foto: Empa

Den Alltag von morgen nachhaltiger machen.

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

Empa
Zukunftsfonds

DER MATERIAL-ARCHITEKT

Maschinenbauer, Mechanikexperte, Knochenforscher, Materialwissenschaftler: Jakob Schwiedrzik hat ein vielseitiges Forschungsprofil. Seit einigen Monaten leitet er das Empa-Labor für Hochleistungskeramik. Mit seiner interdisziplinären Expertise, seinem Wissensdurst und seinem Tatendrang will er dem Forschungslabor und der Keramik als Material zu neuen Höhen verhelfen.

Text: Anna Ettlin

Auf die Frage, wie man denn seinen Namen richtig ausspricht, reagiert Jakob Schwiedrzik gelassen. «Schwirzik» sei nahe dran. «Die erste Silbe kommt aus dem Deutschen, die zweite aus dem Polnischen. Dadurch können ihn weder die Deutschen noch die Polen richtig aussprechen», lacht der hochgewachsene Wissenschaftler.

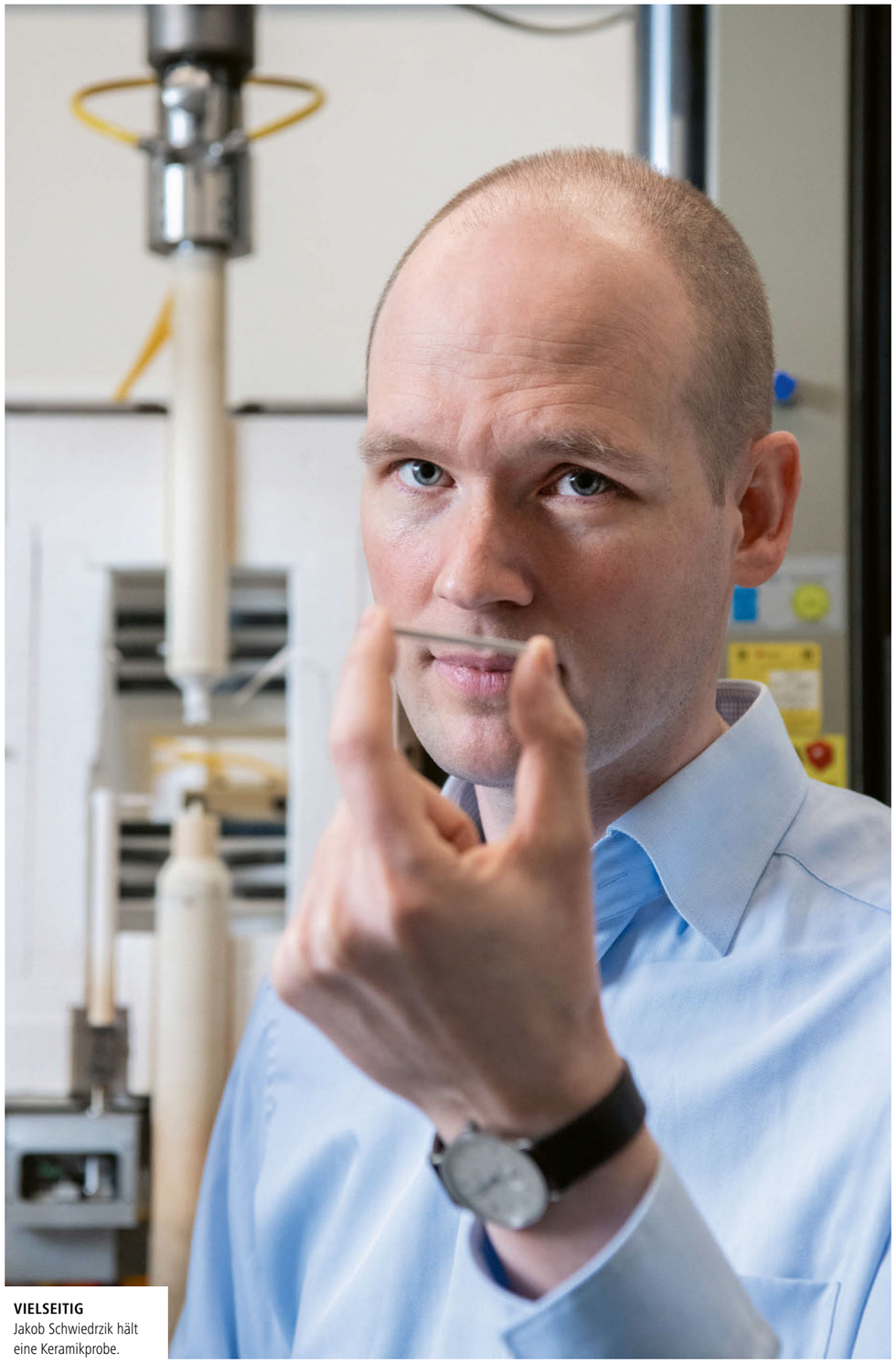
Wie sein Name bewegt sich auch Schwiedrzik selbst zwischen unterschiedlichen Bereichen: Materialwissenschaft, Maschinenbau, Mechanik, Medizin, Mathematik. Seit August 2024 leitet der Wissenschaftler das Empa-Labor für Hochleistungskeramik. An die Empa kam er bereits zehn Jahre zuvor, zuerst als Postdoktorand, später als Gruppenleiter im Labor für Werkstoff- und Nanomechanik in Thun, wo er zu Dünnschicht- und Mikromechanik forschte. Einer der Schwerpunkte seiner Forschungstätigkeit in dieser Zeit galt einem besonderen Material: Knochen.

KERAMIK IM KÖRPER

Von Knochen zur Keramik – ein weiter Sprung? Weniger weit als man denkt, sagt der 39-Jährige. «Knochen sind ein Kompositmaterial. Sie bestehen aus einem Biopolymer, Kollagen, und aus einem mineralischen Anteil, Hydroxyapatit, einer Biokeramik.» Viele Keramiken gelten daher als vielversprechend für biomedizinische Anwendungen, etwa für Implantate. Weitere Spezialkeramiken versprechen Durchbrüche im Leichtbau, in der chemischen Katalyse, in der Energiespeicherung und in der CO_2-Abscheidung aus der Atmosphäre. «Keramik ist super: leicht und steif, chemisch resistent und biologisch verträglich, temperaturbeständig und mit interessanten katalytischen Eigenschaften», zählt Schwiedrzik auf. Die Schwäche des «Supermaterials» liegt in seiner Mechanik: Keramik ist spröde und anfällig für Brüche.

In dieser Schwäche sieht Schwiedrzik grosses Innovationspotenzial. Der Materialwissenschaftler in ihm weiss:

Foto: Marion Nitsch



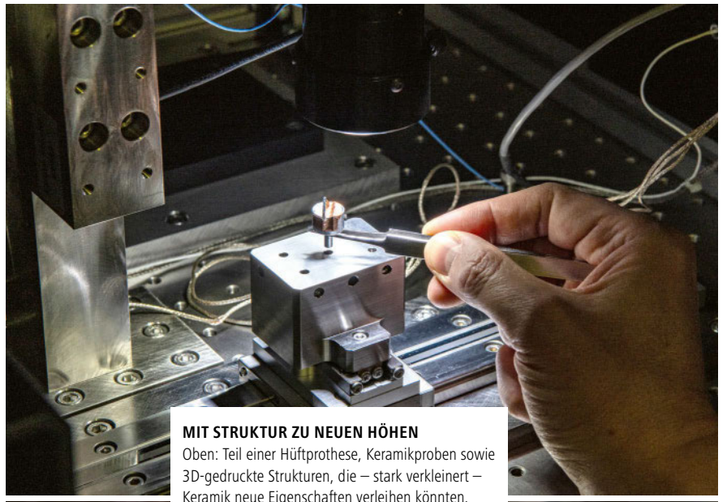
VIELSEITIG
Jakob Schwiedrzik hält eine Keramikprobe.

Die Zusammensetzung eines Materials ist nur die halbe Sache. Genauso wichtig ist seine Struktur. «Wenn man Keramik im Mikro- oder sogar Nanometerbereich richtig strukturiert, kann sie duktil werden und sich fast wie ein Metall verhalten», sagt er. Das ist noch eine Zukunftsvision – aber keine unerreichbare, ist der frisch gebackene Laborleiter überzeugt. Genau solche mikrostrukturierten Materialien, wie es in gewisser Weise auch Knochen sind, hat er mit seiner Forschungsgruppe «Architectured Materials» an der Empa in Thun im Detail untersucht und selbst entwickelt.

Diese Expertise steht nun voll und ganz dem Labor für Hochleistungskeramik zur Verfügung – eine gute Ergänzung, findet Schwiedrzik. «Die Entwicklung von neuen Materialien hat drei Komponenten: Prozess, Struktur und Eigenschaften», erläutert der Forscher. «Dank meinem Vorgänger Thomas Graule ist unser Labor im Bereich der Prozessentwicklung und des 3D-Drucks von technischen Keramiken sehr stark. Nun können wir diesen Schwerpunkt ergänzen mit meiner Expertise in der Erforschung der Zusammenhänge zwischen Struktur und insbesondere mechanischen Eigenschaften. Dazu kombinieren wir Simulation und experimentelle Ansätze.» Das Labor gewinnt durch seinen neuen Leiter ein breiteres Portfolio. Zugleich erweitert auch der Leiter seinen Horizont. «Die Interdisziplinarität hat mich schon immer motiviert», so Schwiedrzik.

MUT ZU NEUEM

Ein Blick auf seinen Lebenslauf bestätigt dies. Schwiedrzik hatte ursprünglich Maschinenbau an der Technischen Universität Wien studiert. «Ich begeisterte mich als Jugendlicher für Naturwissenschaften und Technik, insbesondere für die Luftfahrt», erzählt er. «Das Maschinenbaustudium erschien mir wie eine eierlegende Wollmilchsau: Es bot einen breiten Überblick über sehr viele Themen.»



MIT STRUKTUR ZU NEUEN HÖHEN
Oben: Teil einer Hüftprothese, Keramikproben sowie 3D-gedruckte Strukturen, die – stark verkleinert – Keramik neue Eigenschaften verleihen könnten. Mitte: Eine beschichtete Knochenprobe wird im Nanoindenter mechanischen Tests unterzogen. Unten: Schwiedrzik mit Postdoc Kevin Both.

Fotos: Marion Nitsch

Die Rechnung ging auf. Neben Thermo- und Fluiddynamik, Mechanik, Materialwissenschaften, Elektrotechnik und Informatik entdeckte der wissbegierige Student während des Masterstudiums eine Vorlesung zur Biomechanik von menschlichem Gewebe. «Das war die schwierigste Vorlesung, die ich in meinem Leben hatte», lacht Schwiedrzik.

JAKOB SCHWIEDRZIK

WERDEGANG: Jakob Schwiedrzik (*1986) leitet seit dem 1. August 2024 das Labor «Hochleistungskeramik» an der Empa in Dübendorf. Er studierte Maschinenbau an der Technischen Universität Wien und promovierte anschliessend an der Universität Bern auf dem Gebiet der Festigkeitsuntersuchung von Knochen auf der Mikroskala. Sein Doktorat schloss er 2014 mit «summa cum laude» ab. An die Empa kam Schwiedrzik als Postdoc des Thuner Labors «Werkstoff- und Nanomechanik», wurde 2017 zum Wissenschaftler befördert und gewann noch im selben Jahr einen «Ambizione Grant» des Schweizerischen Nationalfonds (SNF). 2021 wurde er Gruppenleiter für «Architectured Materials», ebenfalls am Labor für Werkstoff- und Nanomechanik. Neben seiner wissenschaftlichen Tätigkeit an der Empa engagiert er sich als Dozent an der ETH Zürich, der EPFL und der Universität Bern.

«Ich musste nicht nur die Anatomie von allen Geweben verstehen, sondern sie auch mathematisch beschreiben. Da war gefühlt Stoff für zwei Jahre in nur einem Semester.» Wo die meisten seiner Kommilitonen aufgaben, nahm er die Herausforderung an. «Es war sehr fordernd, aber auch sehr interessant. Oft war ich der einzige Student, der die Übungen machte. Dementsprechend hatte ich auch eins-zu-eins Nachbesprechungen mit dem Professor», erinnert er sich.

Diese Hartnäckigkeit wurde zu Schwiedrziks Sprungbrett in die akademische Karriere; der Professor, Philippe Zysset, zu seinem Doktorvater. Er promovierte auf dem Gebiet der Knochen-Biomechanik. Als Zysset 2011 von der TU Wien an die Universität Bern wechselte, folgte ihm der junge Doktorand in die Schweiz. Schon kurz darauf lernte er an einer Konferenz Johann Michler kennen, den Leiter des Labors «Werkstoff- und Nanomechanik» an der Empa in Thun. Die beiden Forscher begannen eine interdisziplinäre Zusammenarbeit. Nach der Promotion stiess Schwiedrzik zu Michlers Team und damit zur Materialwissenschaft. Ein roter Faden in seinem Leben als Forscher: «Jeder Karriereschritt war auch ein Sprung ins kalte Wasser», schmunzelt er.

Solche Sprünge findet er zum Glück erfrischend – sowohl in der Forschung als auch buchstäblich, im Schwimmbad, das er gerne mit seinen zwei Kindern, sieben und neun Jahre alt, besucht. «Familienzeit ist der beste Ausgleich für mich», sagt Schwiedrzik. Ausgleich braucht es, denn die Ansprüche an einen Laborleiter sind vielseitig. «Ich muss mir ganz bewusst auch Zeit zum Nachdenken einplanen, anstatt nur von einem Meeting zum nächsten zu eilen», so Schwiedrzik.

MIT BRÜCKEN ZUM ERFOLG

Den neuen administrativen Aufgaben stellt sich Schwiedrzik mit derselben Neugier und Motivation, wie den neuen Themen in der Forschung. Bereits an der Empa in Thun übernahm er zusätzliche Rollen wie die Berufsbildung von Physiklaborantinnen und -laboranten sowie Mitarbeit in der Betriebssanität.

Im Herzen bleibt Schwiedrzik aber ein Forscher. Seine eigene Forschungsgruppe «Architectured Materials» führt er weiter, neu als Teil des Keramiklabors. «So stärken wir auch die Zusammenarbeit zwischen den Empa-Standorten in Dübendorf und Thun, was mich sehr freut», sagt der Leiter. Die unkomplizierte Zusammenarbeit zwischen den unterschiedlichen Laboren und Forschungsrichtungen – den «Team Spirit» – sieht er als eine der grössten Stärken der Empa. Die andere sei ihre Brückenfunktion zwischen Forschung und Industrie. «Wir machen exzellente Grundlagenforschung, die zugleich anwendungsorientiert ist – und versuchen sie auch gleich mit unseren Industriepartnern umzusetzen», sagt Schwiedrzik.

Gerade an der Keramik ist das Interesse aus der Industrie gross, insbesondere in den Bereichen Umwelttechnik, Energie und Medizin. «Die Klimakrise, die Energiewende und die alternde Gesellschaft sind wichtige gesellschaftliche Herausforderungen, zu denen wir einen direkten Beitrag leisten können», betont der Laborleiter. Trotz der Vielzahl an Problemen, mit der unsere Gesellschaft derzeit konfrontiert ist, blickt Schwiedrzik optimistisch in die Zukunft, denn: «Eine Herausforderung ist immer auch eine Chance, sich weiterzuentwickeln.» ■

ERNEUERBARE ENERGIE ALS CHANCE FÜR DIE WIRTSCHAFT

EXPERTIN
Nathalie Casas, Leiterin des Empa-Departements Energie, Mobilität und Umwelt, spricht am «Green Day 2025».

Am 9. Mai findet im St. Galler Innovationspark Ost die Impulsveranstaltung «Green Day 2025» statt. Das Event soll aufzeigen, welche Chancen sich innovativen Schweizer KMUs durch erneuerbare Energien und Kreislaufwirtschaft eröffnen. Unter den Rednerinnen und Rednern ist auch Empa-Direktionsmitglied Nathalie Casas. Sie spricht über die gross angelegte Empa-Forschungsinitiative «Mining the Atmosphere» und darüber, wie wir atmosphärisches CO_2 nutzen können, um Kunststoffe, Medikamente, Treibstoffe und vieles mehr herzustellen.

EIN SCHLUCK WISSEN

Viele Menschen verbinden Wissenschaft mit schlechten Erinnerungen aus der Schulzeit. Muss nicht sein, finden Forscherinnen und Forscher der Empa in St. Gallen. Zum dritten Mal in Folge veranstalten sie die St. Galler Ausgabe des weltweiten Wissenschaftsfestivals «Pint of Science». Forschende von verschiedenen Institutionen, Universitäten und Firmen rund um St. Gallen begeben sich dabei in Bars und Cafés in der Stadt und sprechen in einer entspannten Atmosphäre mit einem breiten Publikum über ihre Forschung. «Pint of Science» findet vom 19. bis 21. Mai statt. Die Themen und Veranstaltungsorte sind auf der Webseite des Festivals zu finden.

UNGEWOHNT
Statt in Seminarräumen und Konferenzsälen sprechen Forschende bei «Pint of Science» in Bars und Cafés.

Fotos: Marion Nitsch; Empa

GESUNDHEITSFORSCHUNG FÜR DEN BEWEGUNGSAPPARAT

Um Ergebnisse aus den Empa-Labors schneller in die klinische Praxis zu überführen, lädt die Empa am 27. Mai 2025 Fachleute aus dem Gesundheitssektor zu einem weiteren «Technology Briefing» ein. Empa-Forschende präsentieren neueste Erkenntnisse zur muskuloskelettalen Gesundheit und zeigen, wie innovative Bildgebung, Biomechanik und damit verbundene Technologieentwicklung die Diagnose und Behandlung von Erkrankungen des Bewegungsapparates verbessern können. Von multiskaligen Bildgebungsverfahren bis zu patientenspezifischen Modellen – Wissenschaft und Praxis eröffnen gemeinsam neue Wege in der muskuloskelettalen Medizin. Weitere Informationen zum Programm und zur Anmeldung finden Sie hier:

Grafik: Empa

VERANSTALTUNGEN

28. – 30. APRIL 2025
URBAN SOUND SYMPOSIUM
Zielpublikum: Wissenschaft und Fachleute
urban-sound-symposium.org
Empa, Dübendorf

12. MAI 2025
Topical Day of Imaging and Image Analysis
Zielpublikum: Wissenschaft und Industrie
www.empa-akademie.ch/imaging
Empa, Dübendorf

22. MAI 2025
Kurs: High-Tech Keramik
Zielpublikum: IngenieurInnen, TechnikerInnen, KonstrukteurInnen
www.empa-akademie.ch/keramik
Empa, Dübendorf

27. MAI 2025
Technology Briefing: Innovationen für einen gesunden Bewegungsapparat
Zielpublikum: Industrie & Wirtschaft
www.empa-akademie.ch/technologybriefing2025
Empa, Dübendorf

11. – 13. JUNI 2025
Aerogel Industry-Academia Forum 2025
Zielpublikum: Industrie und Wissenschaft
aia-forum.empa.ch
Empa, Dübendorf

24. JUNI 2025
wissen2go
Zielpublikum: Öffentlichkeit
www.empa.ch/web/w2go
Online

Die aktuellen Veranstaltungen finden Sie hier:

THE PLACE WHERE INNOVATION STARTS.

Empa

Materials Science and Technology