

# Jahresbericht 2021



**Empa**

Materials Science and Technology

Unsere Vision.  
Materialien und Technologien  
für eine nachhaltige Zukunft.

**4**

Vorwort

**6**

Das Jahr im Rückblick

**10**

Ausgewählte Projekte

**32**

Research Focus Areas

**44**

Von der Forschung zur Innovation

**60**

Zahlen und Fakten

**Titelbild:**

Datenfluss in Glycerin: Ein Empa-Team hat eine Faser entwickelt, die deutlich robuster als Glasfasern ist und Daten ebenso sicher übertragen kann. Der Kern der kilometerlangen optischen Faser besteht aus flüssigem Glycerin. Solche Fasern eignen sich etwa für mikrohydraulische Bauteile und Lichtsensoren.

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

© Empa 2022 – ISSN 1424-2176 Jahresbericht Empa



ClimatePartner  
klimaneutral



Gedruckt auf REFUTURA 100% Recyclingpapier



## Der Mensch im Mittelpunkt

Nach knapp 13 Jahren als Direktor der Empa ist dies mein letztes Editorial. Ich hatte das Privileg, einer grossartigen Institution mit einer einzigartigen Kultur als Direktor zu dienen und mit ihr ein Stück des Weges zu bestreiten. Die Offenheit der Mitarbeitenden, sich neuen Herausforderungen zu stellen und mit ihrem Wissen neue Wege einzuschlagen, hat mich stets aufs Neue beeindruckt. Ich habe wiederholt erleben dürfen, wie durch die Zusammenarbeit über verschiedene Labore hinweg Neues entstand. Denn gerade an den Grenzflächen verschiedener Disziplinen entsteht oft Neues. Diese Agilität prägt die Kultur der Empa und erlaubt uns, in Materialforschung und Technologieentwicklung aus der Grundlagenforschung heraus neue Innovationen anzustossen. Auf den folgenden Seiten erhalten Sie einen Einblick in das breite Spektrum der Forschung und des Wissens- und Technologietransfers an der Empa.

Die letzten zwei Jahre waren geprägt von der Pandemie, die grosse Veränderungen ausgelöst hat – und uns auch weiterhin fordern wird. Lokale Lösungen und Produktionen sind wieder gefragt, wenn globale Lieferketten zusammenbrechen. Zusätzlich sind die geopolitischen Herausforderungen grösser denn je. Das Verhältnis der Schweiz mit der EU ist auf eine harte Probe gestellt, die auch die Wissenschaft herausfordert. Ausserdem haben die Verwerfungen zwischen den westlichen Demokratien und autokratisch dominierten Staaten wie Russland und China, aber auch im Nahen Osten dramatisch zugenommen. Der Angriff auf die Ukraine hat uns radikal vor Augen geführt, dass eine neue Zeit angebrochen ist, der sich auch die Schweiz zu stellen hat und die von uns allen Opfer fordern wird.

Die Unabhängigkeit von ausländischer fossiler Energie wird Europa insgesamt viel kosten und damit auch der Schweiz bei

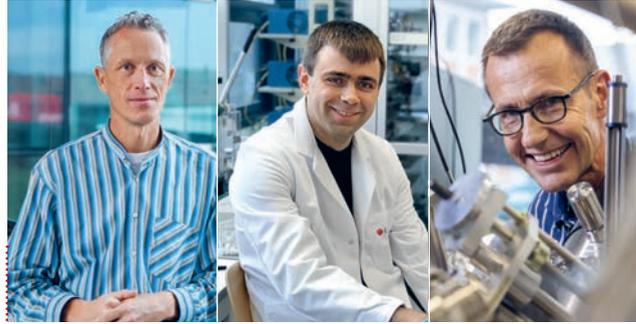
der Transition zu einem nachhaltigen Energiesystem viel abverlangen. Genauso stark werden uns die Veränderungen in den Produktionstechniken durch additive Fertigung und Digitalisierung herausfordern. Dabei gilt es sicherzustellen, dass diese Entwicklungen mit unseren gesellschaftlichen Prioritäten im Einklang stehen – für eine Schweiz, die fit ist für das digitale Zeitalter, und eine Wirtschaft, für die der Mensch im Zentrum steht. Die Datenwissenschaften erlauben die intelligente Steuerung und sichere Überwachungen zahlreicher Produktionsprozesse, etwa über künstliche Intelligenz und Sensor-Netzwerke. Mit dem 3D-Drucken von neuen Materialien sowie dem maschinellen Lernen bei den Herstellungsprozessen und digitalen Zwillingen bei Systemlösungen eröffnen sich neue Möglichkeiten.

Auf den ersten Blick scheint die Welt dadurch komplexer zu werden. Bei genauerem Hinsehen ist dies aber gerade eine Chance für uns alle: für die Empa als interdisziplinäres Forschungsinstitut sowie für die stark diversifizierte Schweizer Wirtschaft. So wie wir heute schon über Labore und Disziplinen hinweg Forschung betreiben und deren Ergebnisse an die Industrie transferieren, so werden sich in Zukunft Konzepte aus der einen Branche rasch in andere übertragen lassen. Was heute für Lösungen in der Automobilindustrie entwickelt wird, kann schon morgen die Medtech-Branche beflügeln.

Ich bin überzeugt, dass die Empa als Innovationsmotor auch in den kommenden Jahren für die Zukunftsbefähigung der Schweiz von enormer Bedeutung sein wird. Das Know-how und die breite Erfahrung unserer Mitarbeitenden werden zu neuen Materialien und Technologien führen, die massgeblich dazu beitragen werden, unsere Zukunft lebenswert und nachhaltig zu gestalten.

Prof. Dr. Gian-Luca Bona, Direktor

# Das Jahr im Rückblick

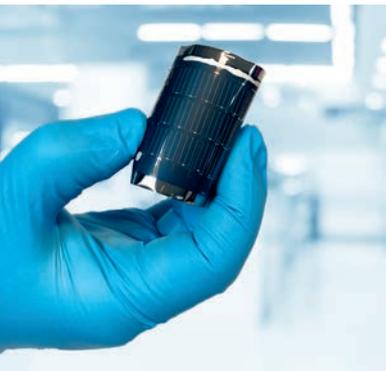


### Drei Empa-Forscher als «Influencer» ausgezeichnet

«Influencer» gibt es nicht nur in den Sozialen Medien, sondern auch in der Forschung. Gemessen wird der Einfluss von Forscherinnen und Forschern daran, wie oft ihre Arbeiten von anderen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zitiert werden. Das Analyse-Unternehmen «Clarivate» kürt jedes Jahr die «Highly Cited Researcher» in verschiedenen Fachbereichen. 2021 waren erstmals gleich drei Empa-Forscher auf dieser wissenschaftlichen «Who's who»-Liste: Bernd Nowack, Maksym Kovalenko und Roman Fasel.

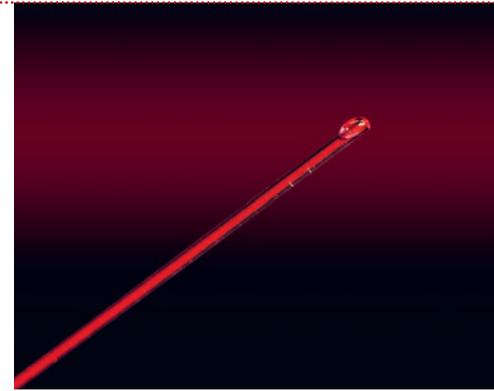
### Flexible Solarzellen werden konkurrenzfähig

Einen neuen Wirkungsgradrekord von knapp 21,4 Prozent für flexible CIGS-Solarzellen haben Wissenschaftler der Empa erzielt. Solarzellen dieses Typs eignen sich besonders für Anwendungen auf Dächern, Transportfahrzeugen und mobilen Geräten. Flexible CIGS-Solarzellen bestehen aus sehr dünnen Schichten einer Halbleiter-Verbindung aus den Elementen Kupfer, Indium, Gallium und Selen. Zum Vergleich: Der beste Wirkungsgrad einer herkömmlichen (nicht biegsamen) Solarzelle aus kristallinem Silizium liegt bei 26,7 Prozent.



### Datenfluss in Glycerin

Daten und Signale lassen sich mit Glasfasern schnell und zuverlässig übertragen – solange die Faser nicht bricht. Eine starke Biegung oder Zugbelastung kann sie schnell zerstören. Ein Empa-Team hat eine Faser entwickelt, die deutlich robuster ist und Daten ebenso sicher übertragen kann. Der Kern der kilometerlangen optischen Faser besteht aus flüssigem Glycerin. Aus solchen Fasern lassen sich auch mikrohydraulische Bauteile und Lichtsensoren bauen.



### Hochaufgelöste Modelle führen Wetter und Klima zusammen

Starkregen, Hagelschauer und Überflutungen: Das Jahr 2021 hat deutlich gemacht, wie sich extreme Unwetter auswirken können. Wie genau hängen jedoch die Extremwetterereignisse mit der Klimaerwärmung zusammen? Um dies besser zu verstehen und Unwetter besser vorhersagen zu können, entwickelt die ETH Zürich zusammen mit der Empa und weiteren Partnern in der Forschungsinitiative «EXCLAIM» eine neue Generation von hochaufgelösten Wetter- und Klimamodellen. Diese integrieren regionale Wettermodelle und simulieren Stürme, Gewitter oder Hurrikane. Symbolbild: Wikipedia



### Grüne Treibstoffe für den Flugverkehr

Forschende der Empa und des Paul Scherrer Instituts (PSI) haben die gemeinsame Initiative «SynFuels» gestartet. Ziel ist es, einen Prozess zu entwickeln, um Kerosin aus erneuerbaren Ressourcen herzustellen. So sollen aus CO<sub>2</sub> und Wasserstoff flüssige Treibstoffe entstehen, die möglichst rückstandsfrei verbrennen und sich damit für den Antrieb von Flugzeugen eignen. Foto: Pascal Meier / Unsplash

### Innovationspark Ost wird Teil von «Switzerland Innovation»

Die nationale Innovationsplattform «Switzerland Innovation» erweitert sich mit dem Innovationspark Ost und schliesst die Ostschweiz in das Netzwerk ein. Der Bundesrat hat im April 2021 grünes Licht dazu gegeben. Der Hauptstandort liegt in unmittelbarer Nachbarschaft der Empa in St. Gallen.





### NFS «Automation» erforscht intelligente Energiesysteme

Der neue Nationale Forschungsschwerpunkt (NFS) «Automation» ist gestartet – mit der Vision, die Schweiz als einen der weltweit führenden Hubs für Forschung, Bildung und Innovation in der Automatisierungs- und Steuerungstechnik zu etablieren. Die Empa bringt – als eine der vier beteiligten Institutionen neben der ETH Zürich, der EPFL und der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) – ihre Expertise im Daten- und Energiemanagement ein. Foto: Claudio Schwarz / Unsplash

### Die Sonne im Boden speichern

Im Winterhalbjahr fällt in unseren Breiten zu wenig erneuerbare Energie an, um die kalte Jahreszeit zu überbrücken. Die Forschung an saisonalen Speicher- und Umwandlungstechnologien läuft deshalb auf Hochtouren. Die Empa ist an einem internationalen Forschungsprojekt beteiligt, das eine unkonventionelle Lösung ins Auge fasst: Erneuerbarer Wasserstoff und CO<sub>2</sub> werden zusammen in den Boden gepumpt, wo natürlich vorkommende Mikroorganismen die beiden Stoffe in Methan, dem Hauptbestandteil von Erdgas, umwandeln. Bild: Karin Lohberger / RAG



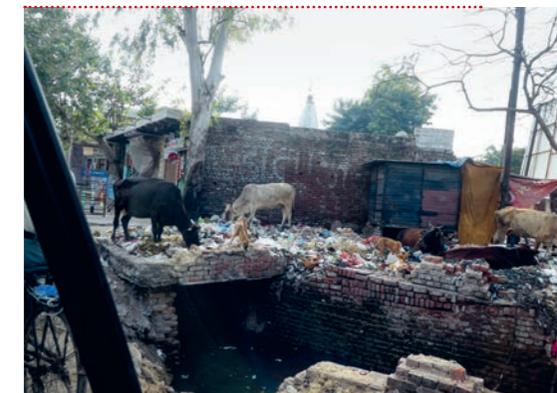
### «Powerfuel»-Ausstellung im Verkehrshaus

Gemeinsam mit den Partnern Avenegy Suisse und Hyundai präsentiert die Empa seit März 2021 eine Dauerausstellung über nachhaltige Treibstoffe der Zukunft im Verkehrshaus der Schweiz in Luzern. Im Fokus steht unter anderem die Frage: Wie kommt Ökostrom in den Tank? Und: Welcher Treibstoff ist für welche Zweck sinnvoll? In einem interaktiven Spiel können die Besucherinnen und Besucher sogar selbst virtuell Wasserstoff herstellen.



### Entgifter aus der Deponie

Mitten im Müll verbergen sich wertvolle Bakterien, die Umweltgifte und chemische Altlasten abbauen können. Im Fokus stehen Pestizide wie Lindan oder bromierte Flammschutzmittel, die sich in der Natur und in Nahrungsketten anreichern. Forscher der Empa und der Eawag erzeugten mit Hilfe von Bakterien aus einer indischen Mülldeponie Enzyme, die solche Chemikalien zerlegen können. Bild: Avinash Kumar / Unsplash



### Diagnose im Flug

Gemeinsam mit Teams aus England und Deutschland entwickelten Empa-Forscher ein Überwachungssystem für Flugzeug-Bauteile. In Zukunft könnten kleine Beschädigungen schon während des Fluges aufgespürt und überwacht werden, ohne dass das Flugzeug zur Wartung in den Hangar muss. Das senkt die Betriebskosten und erhöht zugleich die Sicherheit. Symbolbild: carlosphotos



### Die Maus im NEST

Im März 2021 feierte die «Sendung mit der Maus» ihren 50. Geburtstag. Für die Jubiläumsausgabe der erfolgreichsten Kindersendung im deutschen Fernsehen war Armin Maiwald, Moderator der ersten Stunde, zu Besuch im NEST. Das Thema: Wie bauen wir in Zukunft kreislaufgerecht? Als Beispiel diente die Unit «Urban Mining & Recycling», bei der wiederverwertete Materialien zum Einsatz kommen wie etwa Backsteine aus Bauschutt und eine Küchenabdeckung aus Altglas.



## Ausgewählte Projekte

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

# Quantenmaterialien aus Kohlenstoff

Unter der Leitung der Empa und des «International Iberian Nanotechnology Laboratory» gelang es einem internationalen Forscherteam, Quanten-Spinketten aus Kohlenstoff zu bauen, wie sie im Oktober im Fachmagazin «Nature» berichteten. Mittels Rastertunnelmikroskopie lieferten sie experimentelle Beweise für eines der wichtigsten Modelle des Quantenmagnetismus: die Haldane-Phase, die erstmals 1983 von F.D.M. Haldane, einem der drei Träger des Physik-Nobelpreises 2016, vorhergesagt wurde. Die Ergebnisse könnten zu einem besseren Verständnis des Quantenmagnetismus führen und einen Beitrag zum aufstrebenden Gebiet des «Quantum Computing» leisten.

## Quantenmagnete in zwei Hälften zerteilen

Alle Elementarteilchen haben einen «Spin», eine grundlegende Eigenschaft, die ihre Wechselwirkung mit Magnetfeldern bestimmt. Spins sind quantisiert, das heisst, sie können nur diskrete Werte annehmen. Elektronen haben den kleinstmöglichen Spin, der zwei Werte annehmen kann; die nächst einfacheren Systeme haben bereits einen Spin mit drei diskreten Werten – diese bezeichnet man als «Spin 0», «Spin 1/2» bzw. «Spin 1». Hal-

danes Vorhersage besagt, dass eine Kette von aneinandergereihten Spin-1-Bausteinen «fraktioniert» sein sollte, sodass sich die letzten Einheiten an den beiden Enden der Kette wie Spin-1/2-Objekte verhalten. Ähnlich wie ein Zauberer, der eine Person in zwei Hälften zersägt und sie dann auseinanderschiebt, teilen also Quantenkorrelationen in der Kette einen Spin 1 in zwei Spin-1/2-Einheiten.

## Eindimensionale Molekülketten sind besser als Kristalle

Diese Vorhersage im Labor zu testen, war bislang aus verschiedenen Gründen schwierig, vor allem, weil herkömmliche Materialien nicht eindimensional sind. Indirekte Beweise für die Spinfraktionierung fanden Forschende zwar in Kristallen aus metallorganischen Verbindungen, die solche Spin-Ketten enthalten, eine direkte Beobachtung des Phänomens war indes nicht möglich.

Mittels einer Kombination von organischer Chemie und Oberflächenchemie im Ultrahochvakuum gelang es dem Empa-Team gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen aus Spanien, Portugal und Deutschland, eindimensionale Spin-Ketten aus Kohlenstoff herzustellen. Mit Hilfe eines Rastertunnelmikroskops untersuchte das Empa-Team die magneti-

Prof. Dr. Roman Fasel, roman.fasel@empa.ch

schen Anregungen dieser Ketten auf einer Goldoberfläche. Sie beobachteten, dass die jeweils äussersten Kettenglieder sogenannte Kondo-Resonanzen aufwiesen – ein charakteristischer spektroskopischer Fingerabdruck von Spin-1/2-Quantenobjekten in Kontakt mit einer Metalloberfläche.

## Von der Kette zum Netzwerk – und zum Quantencomputer?

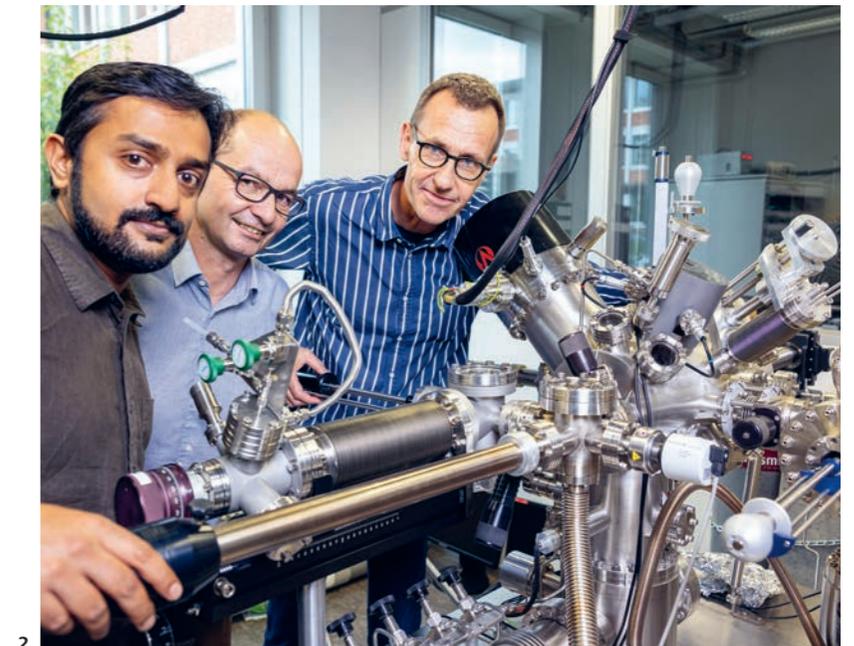
Die Forscher sind überzeugt, dass leicht zugängliche molekulare Spinsysteme mit stark korrelierten Elektronen eine fruchtbare experimentelle Umgebung bieten, um neue theoretische Konzepte zu entwickeln und zu überprüfen. Und solche Spin-Netzwerke könnten dann wiederum eine vielversprechende Materialplattform für die Entwicklung von neuartigen Quantencomputern sein. //



1

1 Schematische Darstellung einer molekularen Quantenspinkette, die auf einer Goldoberfläche mit der scharfen Spitze eines Rastertunnelmikroskops untersucht wird. Jedes der sieben dreieckigen Einzelsegmente hat einen Spin von 1, aber Quantenkorrelationen in der Kette sodass die endständigen Dreiecke einen Spin von 1/2 aufweisen.

2 Die Empa Forscher Shantanu Mishra, Pascal Ruffieux und Roman Fasel (von links nach rechts) an einer Ultrahochvakuum-Anlage zur Herstellung von Quantenspinketten.



2

## Erst sortieren, dann sanieren

Die Schweiz ist bebaut. Rund 1,8 Millionen Wohngebäude stehen im Land, und pro Jahr wird nur ein Prozent dieses Gebäudebestandes energetisch saniert. Es dauert also rechnerisch 100 Jahre, bis der Gebäudebestand im Land durchgehend erneuert ist – das wäre zu langsam, um die Energiewende zu schaffen. Doch bevor die Politik stimulierende Förderprogramme beschliesst, muss diese gewaltige Aufgabe zunächst gegliedert werden: Welche Massnahmen sind wo sinnvoll? Womit fangen wir an?

Kristina Orehounig und ein Team ihrer Abteilung «Urban Energy Systems» hat die Gebäude sortiert, um die Entscheidung über die passenden Massnahmen und die richtige Reihenfolge zu vereinfachen. Dabei griffen die Empa-Forscherinnen auf «Data Mining» zurück. Sie durchforsteten nationale Datenbanken und sortierten sowohl die Wohngebäude als auch die Gewerbebauten in Archetypen – gegliedert nach Baujahr, Heizungstyp, Anzahl der Bewohner oder nach der spezifischen Nutzung.

### Stadt und Land

Da Solarenergie eine wesentliche Basis für die Energieversorgung der Zukunft darstellt, wurden alle Archetypen auf

ihre Eignung für Photovoltaik abgeklopft. Dazu dienten Klimadaten der jeweiligen Region, in der das Haus steht, sowie Dachgeometrie-Daten, die Rückschlüsse auf die Grösse und Neigung der Dachfläche erlaubten.

Die Auswahl der passenden energetischen Sanierungsmethode hängt auch von der Bebauungsdichte ab: Häuser in der Stadt können effizient an ein Wärmenetz angeschlossen werden – bei weit auseinanderliegenden Gebäuden auf dem Land ist ein Wärmenetz oft nicht sinnvoll. Folglich muss der Schweizer Gebäudebestand auch nach Stadt und Land sortiert werden. Das Ergebnis sind zwölf Schweizer Nachbarschafts-Archetypen: vier städtische (urban), vier vorstädtische (suburban) und vier ländliche, die die Verteilung sämtlicher Gebäude in der Schweiz beschreiben.

### So saniert man wirkungsvoll

Nach all der Sortierarbeit konnten Sanierungsmassnahmen für die einzelnen Archetypen berechnet werden. Fazit: Es lohnt sich, die Sanierung von Dächern und die Erneuerung von Fenstern bei älteren Häusern besonders rasch anzugehen. Alleine dadurch kann der Bedarf an Heiz- und Kühlenergie um 20 bis 30 Pro-

zent gesenkt werden – und zwar unabhängig davon, wo das Gebäude steht.

In einem nächsten Schritt sollten bei fast allen Haustypen Sanierungen der Heizanlagen folgen – Mehrfamilienhäuser, Schulen und Bürogebäude können dabei oft kostengünstiger saniert werden als frei stehende Einfamilienhäuser. Warum? Bei grösseren Gebäuden wirkt sich eine Sanierung der Heizanlage auf viele Quadratmeter bewohnter Fläche zugleich aus. Jeder technische Eingriff ist damit wirkungsvoller und kostengünstiger.

### Treibhausgase einsparen

Wichtig ist es, fossile Brennstoffe so rasch als möglich zu ersetzen – zum Beispiel durch Photovoltaik auf dem Dach und auf Fassaden. Die Wärmeerzeugung kann dann etwa durch Luft-Wärmepumpen geschehen, die mit eigenem Solarstrom oder anderen erneuerbaren Energiequellen betrieben werden. Auch Biomasse-Heizungen – Biogas oder Holzpellets – verringern den CO<sub>2</sub>-Ausstoss wirkungsvoll.

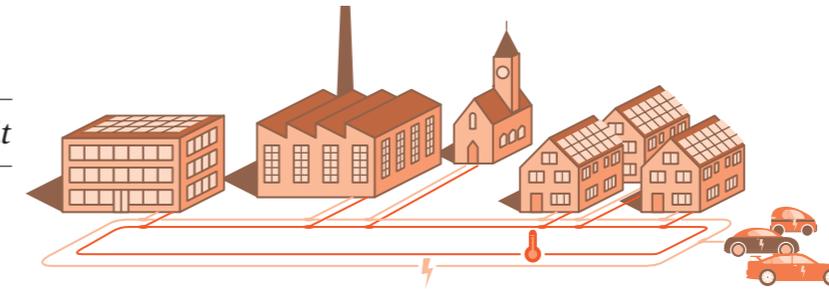
Am Ende ihrer Analyse kamen die Forschenden zum Schluss: Würden alle von ihnen vorgeschlagenen Massnahmen ergriffen, könnten die Treibhausgasemissionen im bestehenden Gebäudepark der Schweiz um satte 60 bis 80 Prozent gesenkt werden. //

Dr. Kristina Orehounig, kristina.orehounig@empa.ch

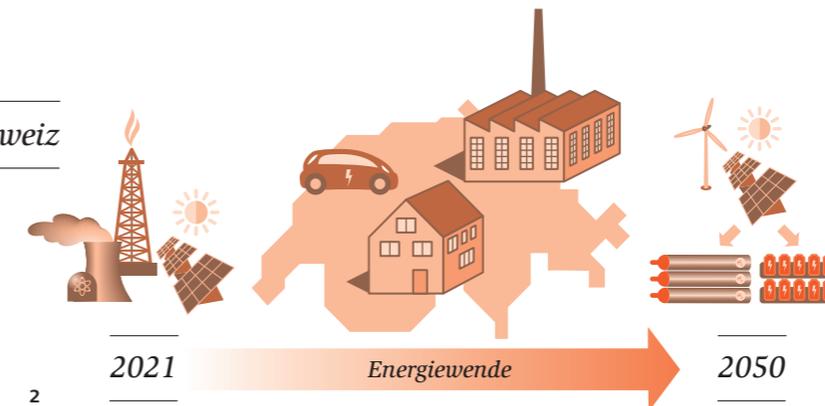
### Gebäude



### Stadt



### Schweiz



1 Kristina Orehounig: «Die Treibhausgasemissionen im bestehenden Gebäudepark der Schweiz könnten um 60 bis 80 Prozent gesenkt werden». Bild: Daniel Kellenberger

2 So bauen wir unser Energiesystem um: Forschung auf drei Ebenen. Grafik: Empa

## Mit Nanomedizin zur sanfteren Tumorbehandlung

Bei einer Krebserkrankung stehen heute verschiedene Behandlungsmethoden zur Verfügung, die sich ergänzen können. Häufig angewendet wird die Strahlentherapie, die etwa mit einer Operation und einer Chemotherapie kombiniert werden kann. Doch die moderne Onkologie ist zuweilen nicht zufrieden mit der Wirksamkeit der Bestrahlung. Der Grund: Die bösartigen Tumore reagieren nicht immer empfindlich genug auf die ionisierenden Strahlen. Könnte die Empfindlichkeit der Tumorzellen gesteigert werden, liesse sich die Radiotherapie hingegen wirksamer und erst noch schonender ausführen.

Das Team um Lukas Gerken und Inge Herrmann vom «Particles-Biology Interactions Laboratory» der Empa in St. Gallen und dem «Nanoparticle Systems Engineering Laboratory» der ETH Zürich sucht daher gemeinsam mit Onkologen am Kantonsspital St. Gallen nach Wegen, um Tumorzellen für die Bestrahlung zu sensibilisieren.

### Im Feuer gereift

In der Krebsforschung laufen derzeit nanomedizinische Studien mit verschiedenen Stoffklassen, um die Bestrahlung von Tumoren effizienter zu machen. Wie genau hierbei Nanopartikel aus Gold oder

aus exotischeren Metalloxiden wie Hafniumdioxid wirken, ist noch nicht völlig geklärt. Bekannt ist, dass eine komplexe Reaktionskaskade oxidativen Stress in den Krebszellen auslöst. Auf diese Weise lassen sich möglicherweise die Reparaturmechanismen der bösartigen Zellen ausschalten.

Empa-Forscher Gerken ist es nun gelungen, derartige «Radiosensitizer» aus Metalloxiden mit einer Methode herzustellen, die sich bestens für die industrielle Anwendung eignet: Er setzte auf die Flammensynthese, um Oxide aus Hafnium, Zirconium und Titan in höchster Qualität zu gewinnen. Dank der Herstellungsart können – je nach Anlage – sogar mehrere Kilogramm am Tag synthetisiert werden. Für die Laboranalysen an der Empa begnügte sich der Wissenschaftler allerdings mit einigen Gramm.

### Besser als Gold

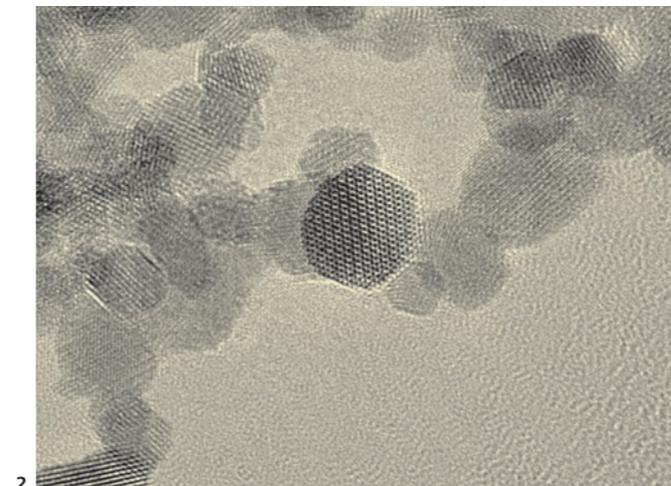
Entstanden sind sterile, qualitativ hochwertige Metalloxid-Nanopartikel, die für gesunde Körperzellen ungefährlich sind, wie Zellkulturexperimente zeigten. Die Metalloxide sammelten sich hierbei in grossen Mengen innerhalb der Zellen an. Spitzenreiter war Hafniumdioxid: Hier gelangten eine halbe Milliarde Nanopartikel in jede einzelne Zelle, ohne dabei

Prof. Dr. Inge Herrmann, [inge.herrmann@empa.ch](mailto:inge.herrmann@empa.ch)

giftig zu sein. Im Vergleich zu den Metalloxiden machte Nanogold bei gleicher Partikelgrösse einen deutlich schlechteren Schnitt: Etwa 10- bis 30-mal weniger Goldteilchen schafften es ins Zellinnere.

Wie kraftvoll die Metalloxide ihre Wirkung entfalten, konnte das Team mit Krebszelllinien demonstrieren. Wurden die Zellkulturen mit Metalloxiden behandelt und danach mit Röntgenstrahlen beschossen, verstärkte sich der abtötende Effekt deutlich. Hafniumdioxid entpuppte sich als das potenteste Hilfsmittel: Tumorzellen, die mit Hafnium-Partikeln behandelt wurden, konnten schon mit weniger als der halben Strahlendosis beseitigt werden.

Das Team will nun diesen Weg weiterverfolgen, um den Wirkmechanismus der Nanopartikel zu erforschen und ihre Effizienz weiter zu optimieren. Die Studien sollen so die klinische Anwendung von Nanopartikeln bei der Strahlentherapie voranbringen. //



1 Lukas Gerken stellt Nanopartikel für die Krebstherapie mittels Flammensynthese her. Um die winzigen Metallpartikel sichtbar zu machen, wird das Elektronenmikroskop mit Flüssigstickstoff auf eisige Temperaturen gekühlt.

2 Metallische Winzlinge: Mittels Flammensynthese hergestellte Hafniumdioxid-Nanopartikel sind nur rund sieben Nanometer gross. Bild: Empa / ACS Chemistry of Materials

## Nanopartikel in der Umwelt: unbedenklich oder gefährlich?

**O**b in abgelegenen Berggipfeln, im arktischen Meereis, in Tiefseeböden oder in Luftproben, sogar in Speisefischen – überall finden Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen Tausende und Abertausende mikroskopisch kleiner Plastikpartikel. Im April 2021 hat ein Team der Empa und der ETH Zürich in der Fachzeitschrift «Nature Nanotechnology» den Stand des derzeitigen (Un-)Wissens über diese Kleinstteile dargelegt – und aufgezeigt, wo der grösste Forschungsbedarf besteht.

Die Besorgnis über mögliche negative Auswirkungen, die Mikro- und Nanoplastik auf verschiedene Ökosysteme haben könnten, ist weitverbreitet. Zahlreiche Medienberichte scheinen durch ihre teils emotionale Berichterstattung die Tragweite des Problems zu bestätigen. Wissenschaftlich belegt ist jedoch derzeit noch recht wenig. Denn die Erforschung der Stoffflüsse von synthetischen Mikro- und Nanopartikeln in der Umwelt steckt noch in den Kinderschuhen.

### Eine einheitliche Definition fehlt

Für Nanopartikel gibt es noch nicht einmal eine global einheitliche Grössendefinition. Verschiedene Organisationen arbeiten an der Normierung dieser Teilchen. Diese Vielfalt hängt auch an den verschie-

denen Fachbereichen, in denen Nanopartikel und -materialien untersucht werden: Für die US-amerikanische «Food and Drug Administration» (FDA) ist alles unter einem Mikrometer ein Nanopartikel. Für die Europäische Kommission geht der relevante Grössenbereich von einem bis 100 Nanometer.

Erste Erkenntnisse, wie Kleinstpartikel sich verbreiten, sind indes vorhanden – unter anderem von Empa-Forschenden. Bernd Nowack hat mit seinem Team bereits 2019 die Freisetzung von Mikro Gummi durch Abrieb bei Autoreifen modelliert. In der Schweiz waren es über die letzten 30 Jahre insgesamt etwa 200 000 Tonnen Reifenabrieb. Eine Studie der Universität Utrecht, mit Beteiligung des Empa-Forschers Dominik Brunner, im Herbst letzten Jahres hat die Ablagerung von Nanoplastik-Partikeln im Schnee auf einem Berggipfel in den Alpen auf jährlich durchschnittlich 42 Kilogramm pro Quadratkilometer geschätzt. Eine Zahl, die allerdings noch sehr unsicher ist und weiterer Überprüfung bedarf.

### Die Messtechnik muss erst entwickelt werden

Das liegt unter anderem daran, dass es messtechnisch enorm schwierig ist, die Anzahl künstlicher Nanopartikel akkurat

Prof. Dr. Bernd Nowack, bernd.nowack@empa.ch  
Dr. Christoph Hüglin, christoph.hueglin@empa.ch

zu erfassen. Entsprechende quantitative Analysemethoden sind noch in einem frühen Stadium der Entwicklung. Aufgrund der enormen Wissenslücken ist es notwendig, Mikro- und Nanoplastik weiter zu erforschen – und zwar systematisch und möglichst breit. Denn Polymere sind aufgrund ihrer positiven Eigenschaften nahezu unverzichtbar geworden. Viele Alltagsgegenstände sind ohne Polymere nicht mit den gewünschten Materialeigenschaften herstellbar.

### Die Empa schaut genauer hin

Es gibt also weiter Forschungsbedarf. Aktuell untersucht Bernd Nowack die Freisetzung von Nanopartikeln aus Kleidung beim Waschvorgang. Und Christoph Hüglin wird in einer vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) finanzierten Studie die atmosphärische Verteilung von Mikroplastik analysieren. So wird die Empa auch in Zukunft dabei helfen, das Problem der Nanopartikel erfassbar und abschätzbar zu machen. //



Forschende steigen zur Station im Nationalpark Hohe Tauern auf. Das Observatorium der österreichischen Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) liegt auf über 3100 Meter Höhe in den Hohen Tauern in Salzburg und existiert seit 1886. Bilder: ZAMG / Niedermoser / Christian Schober

# Holz als Basis für Materialwissenschaftler

Holz kann nicht nur als Baumaterial genutzt werden, sondern ist auch ein interessanter «Rohstoff» für Materialwissenschaftler. Vier spektakuläre Forschungsbeispiele der Empa-Abteilung «Cellulose & Wood Materials» veranschaulichen die Bandbreite dieser nachwachsenden Ressource.

## Holz, das Strom erzeugt

Will man mit Holz eine elektrische Spannung erzeugen, kommt der piezoelektrische Effekt ins Spiel – dabei entsteht durch die elastische Verformung von bestimmten Festkörpern eine Ladungstrennung und dadurch elektrische Spannung. Forschende der Empa und der ETH Zürich verstärkten den natürlichen piezoelektrischen Effekt des Holzes: Sie legten Holz in eine Mischung aus Wasserstoffperoxid und Essigsäure ein. Übrig bleibt ein elastisches Gerüst aus Zelluloseschichten, die sich einfach zusammenpressen lassen und sich dann wieder ausdehnen.

Ein Zellulose-Testwürfel mit einer Seitenlänge von etwa 1,5 Zentimeter überstand 600 Belastungszyklen und erzeugte bei jedem Komprimieren rund 0,7 Volt – eine Spannung, die etwa für eine Anwendung in einem Sensor brauchbar wäre.

## Kompostierbare Stromspeicher

Mikro-Geräte im «Internet of Things» brauchen neue nachhaltige Materialansätze und additive Fertigungstechnologien. Empa-Forscher haben einen kompostierbaren Mini-Kondensator entwickelt, der lediglich aus Kohlenstoff, Zellulose, Glycerin und Kochsalz besteht. Die Zutaten werden zu gelartigen Tinten vermengt und mit Hilfe eines 3D-Druckers auf eine Oberfläche gespritzt.

Der Mini-Kondensator übersteht Tausende Lade- und Entladezyklen und jahrelange Lagerung, selbst bei frostigen Temperaturen, und ist resistent gegen Druck und Erschütterung. Wenn man ihn nicht mehr braucht, kann man ihn auf den Kompost werfen oder einfach der Natur überlassen; nach zwei Monaten ist er in seine Bestandteile zerfallen.

## Melanin in Grossproduktion

Das Pigment Melanin, das auch die menschliche Haut vor UV-Strahlen schützt, ist eine wahre Fundgrube für Materialien und Technologien. Forschende der Empa entdeckten einen Pilz, der eigentlich als Pflanzenschädling im Wald zu finden ist: Armillaria cepistipes, der zwiebelfüssige Hallimasch. Sein erstaunlicher Stoffwechsel bindet Schwermetalle, lässt Holz im Dunkeln leuchten – und

Dr. Gustav Nyström, gustav.nystroem@empa.ch

Prof. Dr. Francis W.M.R Schwarze, francis.schwarze@empa.ch

Prof. Dr. Ingo Burgert, Ingo.Burgert@empa.ch

produziert Melanin. Und zwar rund 1000-mal mehr als andere Mikroorganismen, mit denen die industrielle Herstellung des Pigments bereits versucht wurde.

Die preisgünstige und nachhaltige Produktion ermöglicht nun neue Projekte: Da Melanin Schwermetalle bindet, kann es etwa in Wasserfiltern genutzt werden. Die Forscher mischten Melanin mit dem Kunststoff Polyurethan und stellten daraus feinste Textil-Membranen her, die bis zu 94 Prozent Blei aus verschmutztem Wasser entfernen konnten.

## Wenn Pilze schreiben lernen

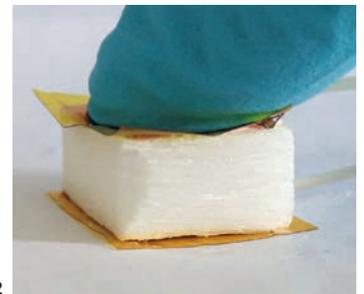
Jedes zerfallende Stück Holz ist einzigartig mit Farben und Linien gemustert. Natürlich gewonnenes «Marmorholz» vom Waldboden braucht jedoch mehrere Jahre, um durch Pilze verursachte Muster zu entwickeln. Oft ist dann das Marmorholz zum Bau von Möbeln nicht mehr stabil genug. Empa-Forschende haben einheimische Laubbölder wie Esche, Buche und Ahorn gezielt mit Pilzkulturen behandelt, sodass sich ganz bestimmte Muster ausbilden. Die Stabilität und Form des Holzes bleibt dabei erhalten. Am Ende gelang es mit Hilfe der Pilze sogar, Buchstaben ins Holz zu schreiben – eine Weltpremiere. //



1 Xavier Aeby und Gustav Nyström haben eine komplett gedruckte, biologisch abbaubare Batterie entwickelt, die aus Zellulose und anderen umweltfreundlichen Komponenten besteht.

2 Schon ein geringer Druck kann im Zellulose-schwamm eine elektrische Spannung erzeugen. Bild: ACS Nano / Empa

3 Empa-Forscher können den Marmorierungsprozess verschiedener Holzarten steuern und so mit Hilfe von Pilzen Buchstaben in die Holzstruktur schreiben. Bild: Empa



# Wie aus Grundlagenforschung Ohrimplantate werden

Dr. Lars Sommerhäuser, lars.sommerhaeuser@empa.ch

Im «Coating Competence Center» trifft die Grundlagenforschung der Empa auf industrielle Anwendungen. Der Ausgangspunkt für Innovationen ist oft das Verständnis von physikalischen oder chemischen Phänomenen. Nehmen wir das Beispiel des hochauflösenden Tiefdrucks für gedruckte Elektronik: Zuerst muss man das Fließverhalten der Tinte verstehen, das heisst man muss untersuchen, wie sich die eingravierten Strukturen eines Tiefdruckzylinders ohne Luft einschüsse bis zum Rand mit Tinte füllen lassen und wie die Tröpfchen auf den zu bedruckenden Gegenstand übertragen werden. Wie stark haften die Tropfen auf der Oberfläche und wie verteilen sie sich, um die zu druckenden Strukturen zu bilden? Erst wenn man all diese Phänomene im Detail versteht, erkennt man, an welchen Stellschrauben man drehen kann, um Innovationen und technologische Durchbrüche zu ermöglichen. Im Forschungsprojekt «SCALAR», das vom Strategischen Fokusbereich «Advanced Manufacturing» des ETH-Bereichs gefördert wird und bei dem der Hochpräzisionsdrucker im «Coating Competence Center» genutzt wird, geht es um das Drucken feiner Strukturen im Mikrometerbereich bei Druckgeschwindigkeiten von 1 m/s. Wenn dies gelingt, kann man etwa hochauf-

lösende Berührungssensoren auf Folien drucken und damit die Oberflächen von Geräten oder Autos kostengünstig zu Bedienelementen machen.

## Additive Fertigung und 3D-Druck von Metallen

Doch auch in ganz anderen Anwendungsgebieten, beispielsweise bei Implantaten, nutzt man die Erkenntnisse aus der Grundlagenforschung an der Empa. Mit Hilfe der additiven Fertigung und insbesondere mit dem 3D-Druck von Metallen werden Implantate wie Hüftgelenk- und Knieprothesen aus Titan gedruckt. Dies erfordert ein genaues Verständnis der additiven Fertigungsprozesse, bei denen in einem Schritt sowohl die Materialeigenschaften als auch die Produktgeometrie erzeugt werden. Die Erkenntnisse aus der Forschung werden dabei nicht nur im «Coating Competence Center» genutzt; es gibt auch eine enge Zusammenarbeit mit dem «Swiss m4m Center» in Bettlach, einem Technologietransferzentrum, das die 3D-Drucktechnologie auch für kleinere Unternehmen der Schweizer MedTech-Industrie zugänglich macht.

Oft dürfen medizinische Implantate, die Weichgewebe oder Knorpel ersetzen sollen, aber nicht zu hart sein. Hier kommen andere Materialien oder Material-

kombinationen wie durch Gitterstrukturen verstärkte Hydrogele zum Einsatz. In Zusammenarbeit mit dem Team von Marcy Zenobi-Wong von der ETH Zürich wurden 3D-gedruckte semi-flexible Gitterstrukturen aus Titan entwickelt und im «Coating Competence Center» gedruckt. Die Gitterstrukturen sind so gestaltet, dass die sie umgebenden Hydrogele sich unter Druck nicht zu stark verformen und «wegfliessen». Mit diesem Konzept können Bandscheiben- und Ohrimplantate hergestellt werden, die die jeweils geforderte Elastizität und Stabilität haben. //



1 Tiefdruckwerk des Hochpräzisionsdruckers NSM Challenger 600. Foto: Nsm Norbert Schläfli AG.

2 Im «Coating Competence Center» der Empa 3D-gedruckte Gitterstrukturen aus Titan für Ohrimplantate. Foto: ETH Zürich.



## Neue Realität für die Baubranche

Reto Largo, reto.largo@empa.ch

Das die Coronapandemie nicht so schnell wieder weg sein würde, war spätestens zu Beginn des vergangenen Jahres klar. Was das für die Baubranche bedeutet, auch: Die anhaltenden Materialengpässe und neue Anforderungen an Gebäude verlangen vom Bausektor mehr Flexibilität und ein «Thinking outside the box». NEST, das modulare Forschungs- und Innovationsgebäude von Empa und Eawag, konnte auch in dieser aussergewöhnlichen Zeit Antworten auf aktuelle Herausforderungen der Baubranche liefern. So wurden im vergangenen Jahr gleich zwei neue NEST-Units eröffnet: Sprint im August und HiLo im Oktober.

### Zwei neue ressourcenschonende Units

Die beiden neuen NEST-Units Sprint und HiLo demonstrieren auf unterschiedliche Weise, wie Gebäude möglichst nachhaltig gebaut und betrieben werden können. Sprint fokussiert sich dabei auf die Schliessung von Kreisläufen. Die Unit wurde vom Baubüro in situ konzipiert und besteht grösstenteils aus wiederverwendeten Materialien und Bauteilen. Sie bietet flexible und Covid-19-konforme Büroräume. Dass die Unit in nur zehn Monaten erstellt werden konnte, zeigt unter anderem: Das Wiederverwendungspotenzial in der In-

dustrie ist gross und muss nur genutzt werden. Sprint zeigt aber auch, dass mit wiederverwendeten Materialien schnell und mit hoher Qualität gebaut werden kann. Vom Rückbau zum Wiederverwendungspotenzial wurden im NEST die verschiedenen Herausforderungen Schritt für Schritt beleuchtet und Lösungswege ausgearbeitet.

HiLo hingegen setzt bei der Materialreduktion und der effizienten Betreuung von Gebäuden an. Dabei vereint die Unit neuartige Planungs- und Konstruktionsmethoden für effiziente, ressourcenschonende Betonstrukturen mit einer selbstlernenden und adaptiven Gebäudetechnik. Die Unit auf der obersten NEST-Plattform wurde von der «Block Research Group» und der «Architecture and Building Systems Group» der ETH Zürich gemeinsam mit zahlreichen Industriepartnern realisiert und besticht durch ein filigranes, geschwungenes Betondach und eine intelligente, adaptive Solarfassade.

### Marktreife von Innovationen im Fokus

Letztes Jahr ist auch hinter den Kulissen von NEST viel passiert. Die Planung der nächsten NEST-Unit STEP2 ist weit fortgeschritten. Das Vorprojekt konnte noch im vergangenen Jahr abgeschlossen wer-

den und der Baubeginn ist per Ende 2022/Anfangs 2023 geplant. Die Unit vereint Innovationen in den Bereichen Kreislaufwirtschaft, industrielle und digitale Fabrikation sowie Gebäudehülle und Energiesysteme und legt den Fokus auf die Marktreife von neuen Lösungen und Prozessen.

### Virtuelles NEST

Damit die Innovationen des NEST trotz widriger Umstände weiterhin für alle erlebbar sind, hat das Forschungs- und Innovationsgebäude der Empa und Eawag im vergangenen Frühjahr seine virtuellen Türen geöffnet. Die Lancierung einer virtuellen NEST-Tour ist ein weiterer Schritt, um die Lücke zwischen Forschungslabor und Markt zu schliessen. Indem es die zahlreichen, im NEST entwickelten und demonstrierten Innovationen einem deutlich breiteren und internationaleren Publikum zugänglich machen kann, trägt das virtuelle NEST wesentlich dazu bei, dass nachhaltige Innovationen im Gebäude- und Energiebereich sich schneller verbreiten und somit schneller Fuss fassen können. //

1 In der Sprint-Unit kommen verschiedene Trennwand-Arten zum Einsatz, die bei Bedarf wieder abgebaut werden können. Als Materialien wurden beispielsweise gebrauchte Bücher und Teppichfliesen verwendet. Foto: Martin Zeller

2 In HiLo treffen Bauprinzipien aus dem Mittelalter auf Baumethoden der Zukunft: Geplant und gebaut wurde das zweistöckige Gebäudemodul mit dem markanten doppelt gekrümmten Betondach mit modernsten Design- und Fabrikationsmethoden. Foto: Roman Keller



# Lösungsansätze für die Energiewende

Im Mobilitätsdemonstrator «move» stand das Jahr 2021 im Zeichen der Vorbereitungen für den Einbau der Direct-Air-Capturing-Anlage der Firma Climeworks. Diese ist Teil des im Aufbau befindlichen Methanisierungssystems und versorgt den Prozess mit CO<sub>2</sub>. Die Kopplung von Methanisierung und CO<sub>2</sub>-Gewinnung aus der Atmosphäre ist nicht nur verfahrens- und wärmetechnisch sinnvoll; neben dem Kohlendioxid lässt sich mit der Climeworks-Anlage auch Wasser aus der Umgebungsluft gewinnen, das wiederum für die Erzeugung von Wasserstoff genutzt werden kann. Dadurch entsteht ein System, das unabhängig von einer Wasserversorgung funktioniert und damit auch in Wüstenregionen von grosser Bedeutung sein kann.

Die wichtige Frage der Eichung von Wasserstoffzapsäulen wird seit letztem Jahr in Zusammenarbeit mit dem Eidgenössischen Institut für Metrologie METAS und weiteren Partnern im Rahmen eines EU-Projektes angegangen, und die Wärmeentwicklung in Druckgasflaschen bei der Wasserstoffbetankung wird in einer vom Bundesamt für Energie (BFE) mitfinanzierten Dissertation untersucht.

Die Zusammenarbeit mit der Migros und deren Kooperation mit dem Geodatenendienst HERE führten dazu, dass eine

an der Empa mitentwickelte Software zur Berechnung des Realverbrauchs und der realen CO<sub>2</sub>-Emissionen von Lastwagen bald weltweit verfügbar sein wird.

## Ein Partner-Demonstrator zur Dekarbonisierung der Industrie in Zug

Im «move» geht es primär um technische Systeme, die den Wechsel von fossiler auf erneuerbare Energie in der Mobilität ermöglichen. Diese Systeme können aber auch für industrielle Prozesse genutzt werden. Gemeinsam mit dem Tech Cluster Zug, dem Kanton Zug und dem Energieversorger WWZ wurde deshalb ein Demonstrator zur Dekarbonisierung industrieller Prozesse in Zug initiiert.

Für die Dekarbonisierung der Industrie als drittgrösstem Energieverbraucher in der Schweiz fehlen noch immer wirksame Lösungsansätze. Der Wechsel auf Wasserstoff könnte ein möglicher Weg sein. Allerdings ist durch Elektrolyse erzeugter Wasserstoff heute in der Schweiz wesentlich teurer als andere Energieträger. Kommt dazu, dass der grosse Bedarf an Elektrizität für die Wasserstoffherzeugung die Stromversorgung im Winter zusätzlich belasten würde.

In Zug soll deshalb ein anderer, neuartiger Ansatz erprobt werden: Die Aufspaltung von Methan (CH<sub>4</sub>) in energetisch

nutzbaren Wasserstoff (H<sub>2</sub>) und festen Kohlenstoff (C). Wird dabei erneuerbares Methan eingesetzt, sind gar «negative» CO<sub>2</sub>-Emissionen möglich. Denn einzig der Wasserstoff wird als Energieträger genutzt. Der Kohlenstoff gelangt nicht mehr zurück in die Atmosphäre, da er als Feststoff abgeschieden und in der Bau- oder Landwirtschaft eingesetzt werden kann.

## Synthetisches Methan aus Wüstenregionen

Das energetische Potenzial zur Herstellung von Methan in Wüstenregionen ist enorm. Gelingt es, synthetisches Methan über die bestehenden Handelsmechanismen und Infrastrukturen in die Schweiz zu transportieren und hierzulande in Wasserstoff und festen Kohlenstoff aufzutrennen, könnte man mehrere Probleme auf einmal lösen: Erneuerbarer Wasserstoff stünde zur Versorgung industrieller Prozesse und zur Überbrückung der Winterstromlücke zur Verfügung. Gleichzeitig könnten so im Inland negative CO<sub>2</sub>-Emissionen erzeugt werden. Ein Konzept, das die Forschenden in den kommenden Jahren beschäftigen wird. //

Christian Bach, christian.bach@empa.ch



Speziallieferung für «move»: Ende November 2021 wurde eine Direct-Air-Capturing-Anlage von Climeworks in den Mobilitätsdemonstrator der Empa geliefert. Mit der Anlage wird CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre gewonnen, das in einem weiteren Schritt für die Herstellung von synthetischem Methan verwendet wird.

## Das Energiesystem nachhaltiger machen

Um die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Gebäuden effektiv zu senken, ist es notwendig, die Energieflüsse auf Gebäude-, Quartier- und Städteebene zu optimieren. Der Energiedemonstrator «Energy Hub» (ehub) kombiniert die Infrastruktur von NEST und move und bietet so eine Plattform, auf der neue Ansätze und Technologien validiert und weiterentwickelt werden.

### Sauberen Strom verwenden

Wie sauber der Strom für den Betrieb eines Gebäudes ist, variiert heute stark. Das ehub-Team wirkt in diversen Projekten mit, die sich mit diesem Problem befassen. Im vom Bundesamt für Energie (BFE) unterstützten Projekt «Sustainable Demand Side Management» (S-DSM) wird ein Gebäudeautomationssystem entwickelt und getestet, das den CO<sub>2</sub>-Fussabdruck des Schweizer Stromnetzes mitberücksichtigt. Dabei wird, wenn immer möglich, sauberer Strom aus dem Netz verwendet. Erste Schätzungen zeigen, dass so bereits bei einem schlecht isolierten Einfamilienhaus über 20 Prozent der CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden können. Im NEST und im Büro- und Gewerkekomplex K3 in Wallisellen wird der Ansatz nun auf seine Praxistauglichkeit getestet.

Im «PATHFNDR»-Projekt des BFE untersuchen Empa-Forschende, wie durch Integration von erneuerbaren Energiequellen das Energiesystem weiter flexibilisiert werden kann. Dabei wird das Zusammenspiel verschiedenster Technologien auf Gebäude-, Quartier-, Städte- und auch Länderebene betrachtet. Die so entwickelten Ansätze werden im NEST und move sowie in Bezirken und Städten angewandt und geprüft.

### Abwärme als Wärmequelle nutzen

Im Projekt ECO-Qube, das durch Horizon 2020 unterstützt wird, untersucht das ehub-Team mit internationalen Partnern die Integration von Rechenzentren in Gebäudesysteme. Dazu wurde im NEST ein Rechenzentrum installiert. Im Fokus stehen die Integration des Rechners ins thermische Netz, sodass die Abwärme, die beim Betrieb anfällt, als Wärmequelle genutzt werden kann, sowie der effiziente, nachhaltige Betrieb des Rechenzentrums.

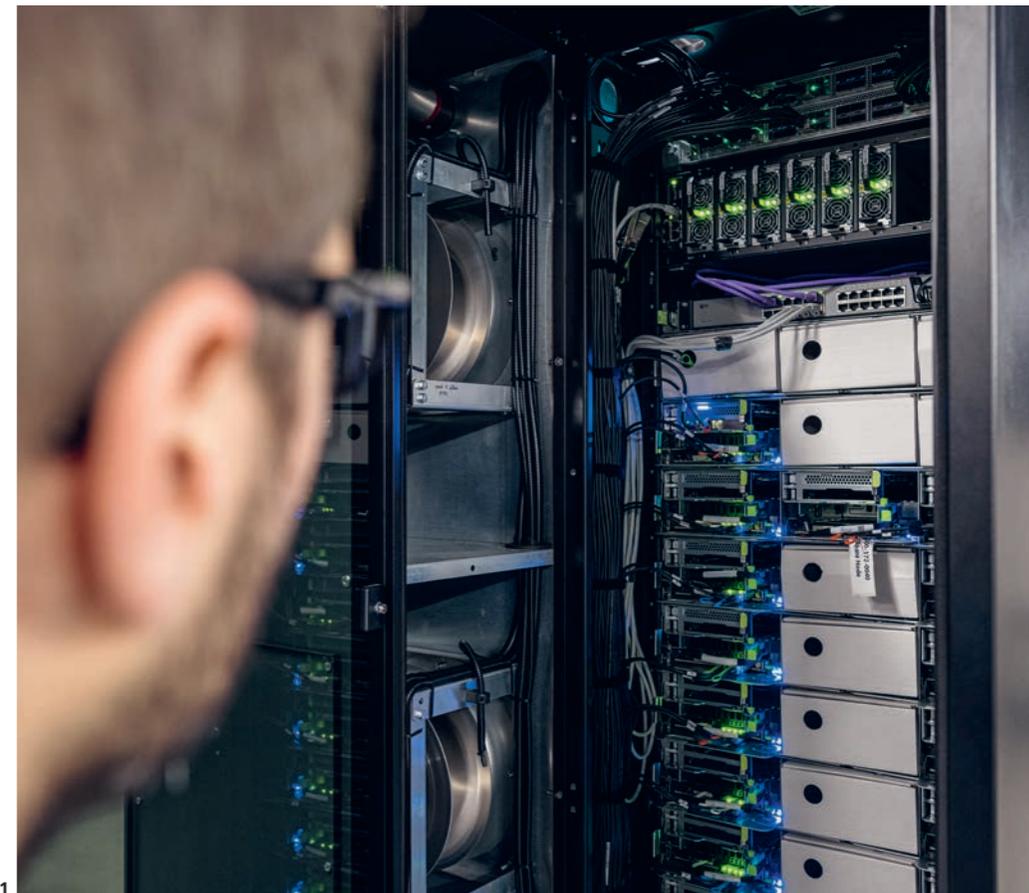
### Vorausschauen, um Energie zu sparen

Zwei Forscher des ehub-Teams haben einen Algorithmus entwickelt, der die Raumtemperatur vorausschauend regelt. Dabei wird anhand von Gebäudedaten wie Ventilpositionen und Raumtemperatur ein Modell gelernt. In Kombination

mit Vorhersagen zur lokalen Aussentemperatur und zur globalen Sonneneinstrahlung berechnet der Algorithmus dann bis zu zwölf Stunden im Voraus den idealen Energieaufwand, um das Gebäude auf die gewünschte Temperatur zu heizen oder zu kühlen. Praxistests im NEST hatten gezeigt, dass sich damit zwischen 25 und knapp 50 Prozent an Energie einsparen lassen. 2021 wollen die beiden Forscher mit dem Empa-Spin-off «viboo» ihren Algorithmus auf den Markt bringen. Ende 2021 liefen die ersten Pilotprojekte mit Industriepartnern an.

2021 wurde mit der Beteiligung am neuen Nationalen Forschungsschwerpunkt (NFS) «Automation» ein weiterer wichtiger Schritt in der Zusammenarbeit mit unterschiedlichen Institutionen gemacht. In diesem NFS erforschen über 40 Forschende der Empa, der ETH Zürich, der EPFL und der Fachhochschule Nordwestschweiz neue Ansätze, um komplexe Automatisierungssysteme zuverlässig zu steuern und Anwendungen in den Bereichen Energie, Mobilität und industrielle Fertigung zu entwickeln. //

Philipp Heer, philipp.heer@empa.ch

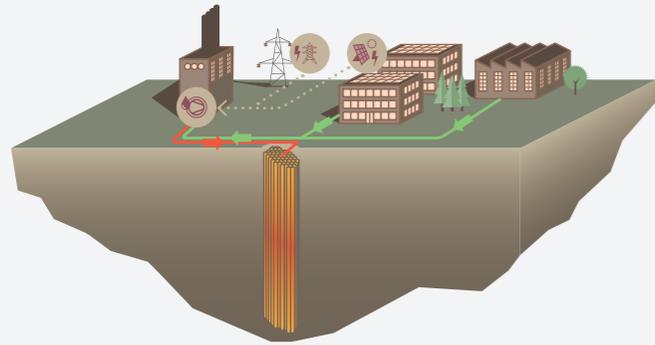


**1**  
Im Rahmen des ECO-Qube-Projekts wurde ein Rechenzentrum im Energy Hub des NEST installiert. Durch die Anbindung an die thermischen Netze des Gebäudes kann dessen Abwärme zum Heizen verwendet werden. Gleichzeitig wird untersucht, wie solch ein Rechenzentrum möglichst effizient und nachhaltig betrieben werden kann.

**2**  
Die Solarpotenziale auf den ohnehin bereits versiegelten Dächern, Fassaden, Parkplätzen und anderer Infrastruktur reichen für die Energiewende aus, haben Empa-Forscher ausgerechnet. Diese Solarfassade am Gebäude K3 Handwerkcity in Wallisellen ist seit 2020 in Betrieb. Bild: die werke versorgung wallisellen ag

# Der neue Forschungscampus der Empa

Kevin Olas, kevin.olas@empa.ch



## Innovationen aus den Empa-Labors für die Praxis

Auf dem neuen Campus kommen auch Entwicklungen und Innovationen aus den Empa-Labors zur Anwendung, vor allem im Energie- und Gebäudebereich. Künftig wird also nicht nur in, sondern auch an und mit den neuen Gebäuden geforscht. Unter dem Areal entsteht etwa ein experimenteller, saisonaler Energiespeicher, der nicht nur die neuen Gebäude, sondern das gesamte Empa-Areal mit Energie beliefern wird. Ein Feld mit 144 Erdsonden, die bis 100 Meter in die Tiefe reichen, wird die Abwärme der Gebäude speichern. Im Winter wird diese Wärme dem Erdreich wieder entzogen und über eine Wärmepumpe angehoben, um sie zum Heizen zu nutzen. Im Zentrum des Erdsondenfelds können die Maximaltemperaturen bis zu 50 °C betragen. Über ein Röhrensystem ist es möglich, jede Röhre einzeln oder auch definierte Bereiche anzusteuern und so den optimalen Mix zwischen Temperatur, Wirkungsgrad und Speicherleistung zu erreichen. Ein solcher Erdspeicher ist zwar sehr effektiv, wegen seiner grossen Masse aber auch träge. Die Empa-Forschenden gehen davon aus, dass sich die endgültige Betriebstemperatur erst nach drei bis vier Jahren einstellen wird.

## Ein moderner Forschungscampus entsteht

Am 5. Mai 2021 begann die Erweiterung des Forschungscampus der Empa und Eawag in Dübendorf mit dem «ersten Spatenstich». Die neuen Gebäude werden ab 2024 deutlich mehr Platz für Forschung und Innovation bieten und Komfort, Attraktivität und Sicherheit für Mitarbeitende und Gäste erhöhen. Bis dahin werden ein neues, topmodernes Laborgebäude sowie ein Multifunktionsgebäude mit einem Parkhaus entstehen. Das Projekt trägt einen vielsagenden Namen: «co-operate» – denn darum geht es an der Empa.

# co-operate



## Massiver Widerstand gegen Schwingungen

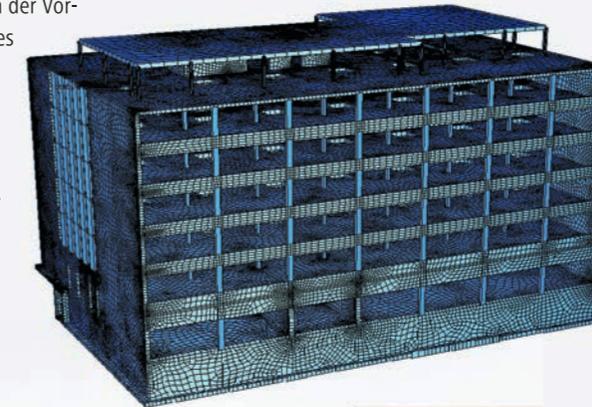
Ob Elektronenmikroskope, mit denen Forschende Atome unter die Lupe nehmen, oder Geräte für Thermogravimetrie, mit denen sie Massen von weit unter einem Mikrogramm «wiegen»: Solche Apparaturen müssen selbst vor winzigen Erschütterungen geschützt werden. Schon kräftige Schritte auf einem Flur nebenan oder das Rattern eines Trams auf einer entfernten Strasse können Messresultate verfälschen. Ein Risiko, dem die Empa bei ihrem künftigen Laborgebäude aufwendig Rechnung trägt – von der Vorplanung bis zum Abschluss des Bauwerks. Das Resultat ist eine extrem steife Betonkonstruktion, die fast nicht in Schwingung zu versetzen ist; ein extrem schweres Bau-

werk. 48 Pfähle einer kombinierten Pfahl-Platten-gründung tragen die Lasten über Mantelreibung in eine tragfähigere Bodenschicht in bis zu 18 Metern Tiefe ab. Auf der Fläche, die für höchstempfindliche Messgeräte vorgesehen ist, ist die Bodenplatte 80 Zentimeter stark. Unter dem Fundament lagert diese Zone statt auf nachgiebigen Polystyrol-Dämmplatten auf härteren Platten aus Schaumglas – ein Detail, um ein noch steiferes Durchbiegungsverhalten zu gewährleisten.



## «co-operate» und sein digitaler Zwilling

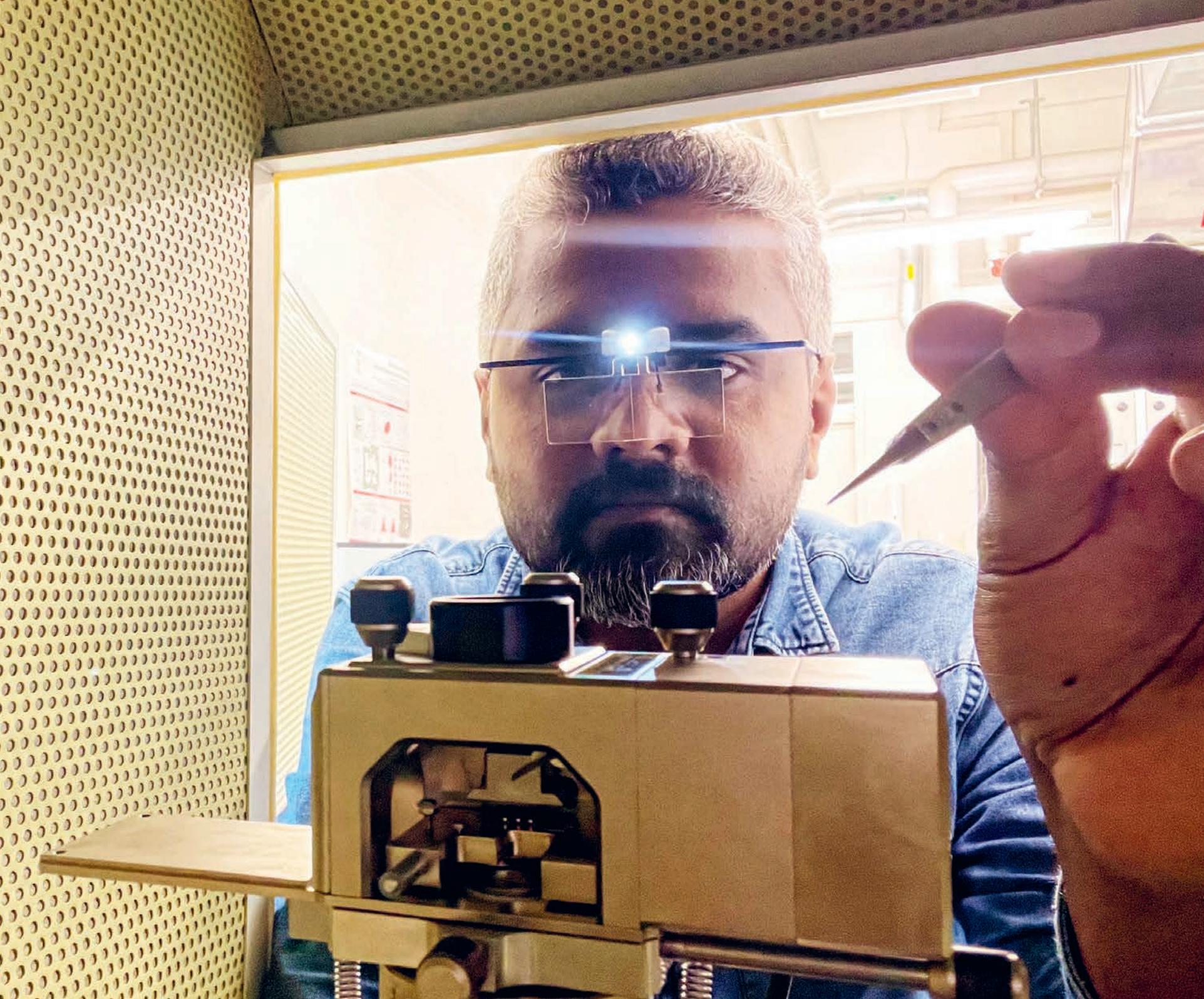
Das digitale Bauen mittels «Building Information Modeling» – kurz: BIM – ist ein Zukunftstrend: effizienter, günstiger und transparenter, vom Entwurf bis hin zum Betrieb des Bauwerks. Auch der neue Forschungscampus entsteht mit Hilfe eines «digitalen Zwillings», der auch das «Facility Management» der Gebäude vereinfachen wird. Rund 3800 Kubikmeter Beton für Fundamente und Bodenplatten unter dem Gebäude, mehr als 2450 Quadratmeter Fenster und fast 13000 Meter Elektroleitungen: Informationen über den Planungsstand des künftigen Empa-Forschungscampus, geliefert mit wenigen Mausclicks – mit Hilfe des digitalen Modells.



## Der Campus wird grüner

Um den Forschungscampus autofrei zu machen, werden die Parkplätze ins neue Parkhaus verlegt. Das ganze Campusgelände wird vermehrt begrünt, etwa durch einen Grüngürtel, der die beiden Forschungsinstitute Empa und Eawag verbindet. Dadurch wird der Forschungscampus einladender und sicherer. Um das NEST entsteht ein Campusplatz, der für Mitarbeitende und Gäste einen attraktiven Aufenthaltsort im Freien bietet. Auf Smartphones und Tablets lässt sich «co-operate» schon heute erleben. Möglich macht dies die «Augmented Reality» App «co-operate AR». Ein eindrückliches Erlebnis, das sich wohl auch so mancher Zaungast im Verlauf der Bauzeit gönnen wird.





## Research Focus Areas

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

Dr. Pierangelo Gröning, pierangelo.groening@empa.ch

There is plenty of room at the bottom». Unter diesem Titel präsentierte der US-Physiker Richard Feynman 1959 erstmals Ideen, Materialien, Strukturen und Maschinen auf molekularer und atomarer Ebene zu designen und zu «bauen». Dabei räumte er ein, dass die hierfür erforderlichen Analysemethoden und Syntheseverfahren noch nicht existierten. Durch die diesbezüglich spektakulären Fortschritte in den letzten Jahrzehnten wurde Feynmans Vision für gewisse Bereiche bereits realisiert oder rücken diese in greifbare Nähe.

Den ersten grossen Schritt hierzu machten Heinrich Rohrer und Gerd Binnig, die am IBM-Forschungszentrum in Rüschlikon vor gut 40 Jahren das Rastertunnelmikroskop entwickelten und damit das Tor zum Nanokosmos öffneten. Mit der Entdeckung der Kohlenstoff-Nanoröhrchen, dem ersten unter Normalbedingungen stabilen Nanomaterial, durch Sumio Iijima im Jahr 1991 erhielt die noch junge Nanowissenschaft einen weiteren wichtigen «Boost» – dies war sozusagen die Geburtsstunde der Nanotechnologie. Schnell wurde diese neben der Biotechnologie zur Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts erklärt.

In den Material- und Computerwissenschaften wie auch in den «Life Scien-

ces» gibt es kaum ein Gebiet, in dem nanotechnologische Ansätze nicht bereits Alltag sind. Und auch wirtschaftlich nimmt die Nanotechnologie zunehmend Fahrt auf. Analysten schätzen den globalen Markt – ohne Chipindustrie – derzeit auf 40 bis 75 Milliarden Dollar. Die grosse Streuung ist dem Umstand geschuldet, dass die Zuordnung als Nanoprodukt oft nicht eindeutig ist. Einig sind sich die Analysten aber bei der Wachstumsprognose von mehr als 30 Prozent pro Jahr für die nächsten Jahre. Damit zählt die Nanotechnologie zu den am schnellsten wachsenden Märkten.

### Architektur im Nanometerbereich

Der Vision Feynmans folgend entwickeln Empa-Forschende Nano-Materialien, deren physikalische Eigenschaften entscheidend durch ihren perfekten Aufbau bis hin zu atomarer Präzision bestimmt werden – will heissen: Jedes einzelne Atom ist genau dort, wo es sein soll. So gelang es Empa-Forschenden um Jakob Heier in Zusammenarbeit mit Kollegen der ETH Zürich, der EPFL, dem Paul Scherrer Institut (PSI) und dem IBM-Forschungszentrum in Rüschlikon die Quantenausbeute von fluoreszierenden Farbstoffmolekülen von typischerweise fünf auf satte 60 Prozent zu steigern. Erzielt wird diese durch

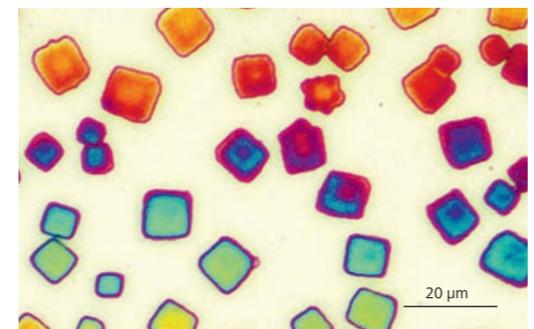
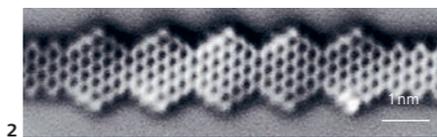
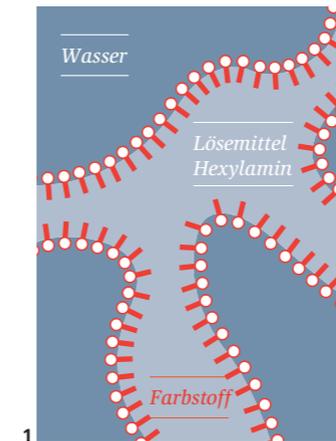
die perfekte Anordnung der Farbstoffmoleküle in Form von «J-Aggregaten» an den Phasengrenzen bikontinuierlicher Emulsionen. In diesen J-Aggregaten sind die Moleküle ähnlich einer Backsteinmauer übereinander angelagert. In dieser Anordnung entsteht eine enge Kopplung der Moleküle, sodass sie sich gegenseitig ohne grossen Energieverlust anregen können, was die drastische Erhöhung der Quantenausbeute erklärt. Als nächsten Schritt gilt es nun, die Emulsion in einen Festkörper zu überführen, um Anwendungen etwa in der Sensorik, der optischen Datenübertragung oder in Solarzellen zu ermöglichen.

Seit mehreren Jahren verfolgt ein Team von Forschenden der Empa und der ETH Zürich um Maksym Kovalenko einen «Lego-Ansatz», um damit perfekt geordnete Nano-Materialien mit einzigartigen optischen und optoelektronischen Eigenschaften herzustellen. Als «Lego-Baustein» synthetisieren sie Nanokristalle in unterschiedlichsten Zusammensetzungen und mit nahezu monodisperser Grössenverteilung. Ihre physikalischen Eigenschaften werden dabei nicht alleine durch ihre chemische Zusammensetzung, sondern massgeblich durch ihre Grösse bestimmt. In Lösung und ladungsneutral ordnen sich diese

1 Schematische Darstellung der Anlagerung der Farbstoffmoleküle an den Phasengrenzen einer bikontinuierlichen Emulsion.

2 AFM-Bild einer Graphen Nanostruktur mit atomarer Auflösung.

3 Kolloide Superkristalle unter dem Weisslichtmikroskop.



Nanokristalle, nur getrieben von der Kraft der Entropie, zu kolloidalen Superkristallen. Deren Bausteine sind nicht Atome wie in einem anorganischen Festkörper, sondern einzelne Nanokristalle mit eigenständigen physikalischen Eigenschaften. Welche physikalischen Effekte und Eigenschaften sich in solchen Superkristallen ausbilden können, hervorgerufen durch ein kollektives Verhalten der einzelnen Nanokristalle, weiss man heute noch nicht. Ein erster einzigartiger Effekt konnte aber bereits nachgewiesen werden, nämlich die Superfluoreszenz in Superkristallen aus Bleihalogenid-Perowskit. Durch die nahezu identische Grösse und Zusammensetzung der Nanokristalle entsteht eine kohärente Kopplung der Nanokristalle, was zur Folge hat, dass die Photonenemission der einzelnen Nanokristalle kohärent – sprich: simultan und phasentreu – erfolgt. Dieses als Superfluoreszenz bezeichnete Verhalten konnte in diesen Superkristallen erstmals für einen Festkörper nachgewiesen werden. Potenzielle Anwendungen finden sich etwa in den Bereichen LED-Beleuchtungen, Quantensensorik oder Quantenkommunikation.

Feynmans Vision am nächsten kommen Empa-Forscher wie Roman Fasel und

Oliver Gröning bei der Entwicklung von Graphen-Nanostrukturen mit einstellbaren Quanteneigenschaften. Vor etwas mehr als zehn Jahren hat das Team eine Methodik entwickelt, Graphen-Nanostrukturen mit atomarer Präzision zu synthetisieren. Dabei verwenden sie speziell designte Vorläufermoleküle, die aufgedampft auf einer Goldoberfläche über einen zweistufigen katalytischen Prozess zur gewünschten Graphen-Nanostruktur führen. Deren geometrische Struktur wird dabei eindeutig über die Gestalt der Vorläufermoleküle bestimmt. Die Geometrie bzw. die atomare Topographie der Ränder wiederum definiert die elektronischen, magnetischen und Quantenzustände der Graphen-Nanostruktur. Jüngst konnten die Forschenden in Triangularketten die 1983 vom späteren Nobelpreisträger F. Duncan M. Haldane vorhergesagte Spinfractionierung nachweisen (siehe S.12). Damit eröffnen sich nun vielversprechende Perspektiven, Spinnetzwerke aus Graphen-Nanostrukturen zu erzeugen, die als Plattform für die nächste Generation von Quantencomputern dienen könnte. Im Projekt «CarboQuant», finanziert mit CHF 15 Mio. durch die Werner Siemens-Stiftung, will man diesem Ziel in den nächsten zehn Jahren näherkommen. //

# Nachhaltige Lösungen bei der Wärmedämmung von Gebäuden

Dr. Mateusz Wyrzykowski, mateusz.wyrzykowski@empa.ch

Dr. Tanja Zimmermann, tanja.zimmermann@empa.ch

Eine nachhaltig gebaute Umwelt erfordert eine Minimierung des Energieverbrauchs, der zum Heizen oder Kühlen erforderlich ist. Einer der wichtigsten Aspekte bei der Energieeinsparung ist dabei eine gute Wärmedämmung. Verschiedene Teams an der Empa haben in letzter Zeit neue Lösungen auf diesem Gebiet entwickelt.

## Silica-Aerogele für Anwendungen in dünnen Isolationsschichten

Silica-Aerogele sind nanostrukturierte Materialien mit einer Wärmeleitfähigkeit, die nur etwa halb so gross ist wie jene von herkömmlichen Dämmstoffen, zum Beispiel expandiertes Polystyrol (EPS) oder Mineralwolle. Die ersten kommerziellen Aerogel-Produkte kamen vor etwa 13 Jahren auf den Schweizer Markt, heute gibt es verschiedene Produkttypen wie Matten, Platten, Putze und lose Schüttungen. Im Vergleich zu herkömmlichen Materialien ist die Dämmung mit Silica-Aerogel wesentlich teurer, was derzeit das Haupthindernis für eine breitere Anwendung ist. Der Einsatz von Aerogelen ist dort angezeigt, wo herkömmliche Materialien aufgrund von Platzmangel und einer zu dünnen Dämmschicht keine zufriedenstellende Dämmleistung erzielen können. Bei historischen Gebäuden ist es

oft nicht möglich, die Fassade nachzurüsten, ohne ihr Aussehen zu verändern. Aerogel-Platten oder -Putze sorgen für eine erhebliche Reduktion der Wärmeübertragungsverluste durch die Fassade mit nur wenigen Zentimetern Dämmung. Ebenso gibt es bestimmte kleinere Bereiche in der Gebäudehülle, sowohl bei Neubauprojekten als auch bei Renovationen, in denen der Platz für eine Dämmung begrenzt ist und Aerogel-Materialien Wärmebrücken beseitigen können, zum Beispiel bei Rollladenkästen.

Wim Malfait und sein Team von der Abteilung «Building Energy Materials and Components» arbeiten an der Optimierung des Aerogel-Produktionsprozesses, um Aerogel billiger und nachhaltiger zu machen, etwa durch die Kombination mit Bio-Polymeren, sowie an der Entwicklung neuer Anwendungslösungen mit verbesserten Eigenschaften, wie die Integration in Ziegel oder vorgefertigte Holzfassaden.

## Dämmstoffe aus Recyclingpapier

Zellulosebasierte Systeme aus Altpapierabfällen waren Gegenstand eines Projekts, das Thomas Geiger und seine Kollegen der Abteilung «Cellulose and Wood Materials» in Zusammenarbeit mit der Firma isofloc AG und mit Unterstützung

der Innosuisse durchgeführt haben. Recycling-Papierfasern können in Hohlräume von Holzkonstruktionen eingeblasen werden und bilden so eine einheitliche Dämmschicht. Eine grosse Herausforderung, die die Forscher erfolgreich gemeistert haben, war die Entwicklung eines Stabilisators, der verhindert, dass sich die eingeblasenen Flocken nach dem Befüllen, dem Transport und dem Einbau von vorfabrizierten Holzkonstruktionen absetzen. Hohlräume in Konstruktionen führen zu einer schlechten Dämmleistung und können im Brandfall einen Kamineffekt und damit eine Brandausbreitung verursachen. Die Empa-Forscher haben einen Zusatzstoff entwickelt, der die Integrität der verdichteten Schicht auch im Brandfall bewahrt. Diese Lösung verbessert nicht nur die Wärmedämmung und den Feuerwiderstand, sondern bietet auch eine nachhaltige Möglichkeit, grosse Mengen an Altpapier zu recyceln.

## Recyceltes PET in hochwertigen Aluminiumfenstern

Bei der Verbesserung der Wärmedämmung von Wänden, Decken usw. darf man nicht vergessen, die Wärmeverluste durch Wärmebrücken in Fensterrahmen zu reduzieren. Empa-Forschende arbeiten mit ihren Partnern seit Kurzem an einem



1

neuartigen Produkt für Dämmstege in Fensterprofilen und Fassadenverglasungen mit einer umweltfreundlichen Füllung: Rezyklat aus PET-Flaschen. Ein Empa-Team unter der Leitung von Michel Barbezat und Giovanni Terrasi von der Abteilung «Mechanical Systems Engineering» entwickelte zusammen mit Fachleuten der Metallbaufirma Hochuli ein neuartiges Produkt. Das Projekt wurde ebenfalls von der Innosuisse unterstützt, und die neue Lösung wird durch das eigens dafür gegründete Spin-off «hochuli advanced» vermarktet.

Der Clou des «Alpet»-Dämmvlieses: Im Inneren des glasfaserverstärkten Kunststoffes befindet sich ein feinporiger Schaum aus rezykliertem PET. Die Wärmeleitfähigkeit der Prototypen beträgt im Durchschnitt etwa  $0,1 \text{ W/mK}$  – deutlich weniger als bei einem Standard-Dämmstoff aus einem anderen Polymer, Polyamid (etwa  $0,25 \text{ W/mK}$ ), und auch deutlich weniger als bei heute erhältlichen High-End-Produkten. Die Verwendung von recyceltem Kunststoff ist ein weiterer Schritt in Richtung Kreislaufwirtschaft. Parallel zu den Kommerzialisierungsbemühungen des Industriepartners werden

auch von den Herstellern von Fensterprofilen detaillierte Tests durchgeführt. Die Fachleute der Empa werden

die Weiterentwicklung der Dämmstege auch in Zukunft unterstützen, um noch nachhaltigere und umweltfreundlichere Lösungen zu ermöglichen. //



2

1 Der Alpet-Dämmsteg in einem Fensterprofil. Die grünliche Farbe des Füllmaterials kommt von der Verwendung von PET aus recycelten Flaschen. Bild: Hochuli advanced



2 Alte Mühle in Oberhallau bei Schaffhausen während und nach der Nachrüstung mit Silica-Aerogel-Matten (2007 – 2008). Bilder: Max Schweizer AG



3

3 Empa-Know-how für die Industrie: Franziska Grüneberger und Willi Senn entwickelten ein neues Bindeverfahren, das den Isofloc-Dämmstoff deutlich feuerfester macht als bisher. Im Brandlabor fanden die entscheidenden Versuche dazu statt.

Dr. Brigitte Buchmann, [brigitte.buchmann@empa.ch](mailto:brigitte.buchmann@empa.ch)

Immer mehr Menschen leben in Städten und Agglomerationen, den immer wichtiger werdenden Lebensräumen der Zukunft. Diese komplexen und dynamischen Systeme können bei gezielter Entwicklung einen wichtigen Beitrag zur Lösung unserer globalen Herausforderungen leisten. Eine nachhaltige Gestaltung dieser urbanen Lebensräume erfordert jedoch ein ausgeklügeltes Zusammenspiel vieler Parameter. Neben geschlossenen Materialkreisläufen im Baubereich und einer nachhaltigen Energieversorgung mit einer entsprechenden Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen spielen auch gesundheitliche Aspekte sowie die soziale Akzeptanz der Veränderungen eine wichtige Rolle.

## Urbane Entwicklung spielerisch erfahren

Um die Klimaschutzziele des Pariser Klimaabkommens erfolgreich umzusetzen, steht ein massiver Umbau der Infrastruktur urbaner Räume an. Im Projekt «postfossilCities» im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms «Nachhaltige Wirtschaft» (NFP 73) haben Empa-Forschende zusammen mit der Universität Zürich, der NTNU (Norwegen), der Ostschweizer Fachhochschule OST und der Firma Ulrich Creative Simulations GmbH

in einem computergestützten Simulationsspiel diese Veränderungen und die zugrunde liegenden Prozesse erlebbar gemacht. Die Teilnehmenden können mögliche Klimaszenarien selbst beeinflussen und dabei reflektieren, welche Wirkung die gestaltete Entwicklung auf die Lebensqualität der urbanen Lebensräume hat. Das Spiel, das mögliche Wege hin zu postfossilen Städten identifizieren und beurteilen hilft, wurde im Kontext einer fiktiven «Schweizer Stadt 2050» im Schweizer Mittelland, die ohne fossile Energieträgern auskommt, entwickelt. Während die Zeit unerbittlich voranschreitet, erkunden die Spielenden in den Rollen verschiedener Akteure (unter anderen Politik, Gesellschaft, Investoren) vielfältige Herausforderungen auf dem Weg in die postfossile Zukunft. Jeder Akteur entscheidet dabei für sich: Welche Massnahmen sind prioritär und müssen sofort angepackt werden, welche können warten? Sollen diese im Alleingang oder in Allianzen umgesetzt werden?

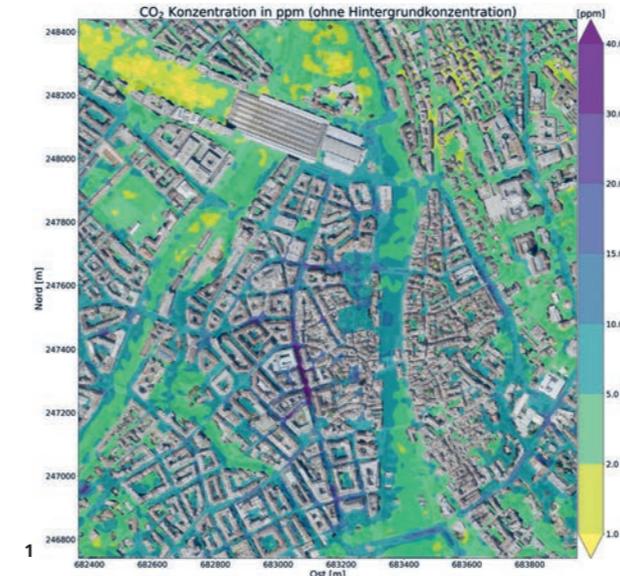
Im Spiel geht es letztlich auch darum, die Wirksamkeit von Klimaschutzmassnahmen einschätzen zu lernen und das Erlebte im Hinblick auf die praktische Anwendung im eigenen Wirkungsfeld zu konkretisieren. Wie sich zeigt, ist das Er-

reichen der Ziele des Pariser Klimaabkommens zwar möglich, erfordert jedoch drastische und rasch umgesetzte Massnahmen.

## Gezielte Reduktion der CO<sub>2</sub>-Belastung in Städten

Urbane Flächen verursachen weltweit mehr als 70 Prozent der direkten und indirekten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Um das im Pariser Klimaabkommen international vereinbarte Ziel einer Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs auf 1,5 bis 2 °C zu erreichen, sind daher erhebliche Anstrengungen zur Emissionsminderung vor allem in Städten erforderlich. Dies ist jedoch aufgrund der äusserst heterogenen Strukturen verschiedener Städte und der grossen Anzahl unterschiedlicher Emissionsquellen wie Verkehr, Gebäude etc. eine immense Herausforderung.

Das EU-Projekt «Pilot Application in Urban Landscapes – Towards integrated city observatories for greenhouse gases» (ICOS-Cities) ist ein zentraler Beitrag zum Europäischen «Green Deal», dem Fahrplan der Europäischen Kommission für eine klimaneutrale, nachhaltige EU-Wirtschaft. Empa-Forschende leiten darin aufgrund ihrer langjährigen Erfahrung in der Kombination von Modellierung und Messungen von Treibhausgasen die Aktivitä-



ten der Pilotregion Zürich, die gemeinsam mit Paris und München den Kern von ICOS-Cities bildet.

Zürich, ein international vergleichsweise kleines urbanes Gebiet mit grossen topographischen und meteorologischen Herausforderungen, kann dabei auf der Erfahrung der Empa-Forschenden in verschiedenen wegweisenden Projekten aufbauen. Beispiele dafür sind

«Carbosense», in dem die Empa zusammen mit dem «Swiss Data Science Center» und den Industriepartnern Swisscom und Decentlab ein schweizweites Netzwerk mit über 300 low-cost-CO<sub>2</sub>-Sensoren aufgebaut hat, um mit grosser räumlicher und zeitlicher Auflösung Informationen über vom Menschen verursachte CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie die CO<sub>2</sub> Flüsse der Biosphäre zu erhalten, oder «EXCLAIM», einer Kooperation mit der ETH Zürich und dem «Centro Svizzero di Calcolo Scientifico» (CSCS) in Lugano, zur Entwicklung von regionalen und globalen Wetter- und Klimamodellen mit bisher unerreichter Auflösung.

Ein besonders innovativer Ansatz des Projektes ICOS-Cities ist die gemein-

same Entwicklung von Diensten, Modellen und Beobachtungen zwischen Stadtverwaltungen und Wissenschaftlern aus verschiedenen Disziplinen, einschliesslich der Sozial- und Verwaltungswissenschaften. Die wissenschaftlichen Arbeiten sollen so von Anfang an die Bedürfnisse der verschiedenen Stakeholder berücksichtigen und dadurch Politik, Verwaltung und Industrie durch faktengestützte Entscheidungen bei Klimaschutzmassnahmen und strategische Investitionen zur Erreichung des Netto-Null-Ziels unterstützen. //

**1** Verteilung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Stadt Zürich über dem grossräumigen Hintergrund. Die Simulation für eine typische Westwindlage umfasst Tausende von Emissionsquellen, klassiert in neun Kategorien, und die atmosphärische Ausbreitung mit zehn Metern Auflösung im detaillierten Gebäudemodell der Stadt.

**2** Teilnehmende im Simulationsspiel «postfossilCities»: Welche Massnahmen sollen alleine, welche gemeinsam umgesetzt werden? Die unterschiedlichen Mützen symbolisieren die verschiedenen Akteure

## Die Schweiz ist (k)eine Insel

Die Schweizer Energiepolitik hat ein bewegtes Jahr hinter sich: Das revidierte CO<sub>2</sub>-Gesetz wurde vom Volk abgelehnt, und mit dem vorläufigen Scheitern des Rahmenabkommens mit der EU ist auch ein Stromabkommen in weite Ferne gerückt. Dieses herausfordernde Umfeld wird aktuell durch stark gestiegene Gas- und Strompreise sowie den unerwarteten Ausfall mehrerer französischer Kernkraftwerke verschärft. Ein im Herbst veröffentlichter Bericht der Eidgenössischen Elektrizitätskommission, der auf die Risiken von Strommangellagen in den kommenden Wintern hinweist, hat entsprechend hohe Wellen geschlagen. Umso wichtiger ist es, in dieser Situation als unabhängiges Forschungsinstitut im Dialog mit der Gesellschaft sowie mit den Entscheidungsträgerinnen und -trägern aus Wirtschaft und Politik die heutigen Möglichkeiten und Szenarien zu diskutieren und weiter an zukunfts-trächtigen Technologien und Prozessen zu forschen, um eine bezahlbare, erneuerbare und zuverlässige Energieversorgung zu ermöglichen.

### Energiebedarf im Gebäudebereich weiter senken

Eine entscheidende Massnahme, um drohende Energiemangellagen im Winter zu

entschärfen, liegt in einer besseren Gebäudedämmung. Hier ergeben sich im Gebäudebestand mitunter erhebliche Herausforderungen, vor allem, wenn historische Gebäude betroffen sind. Die Empa entwickelt seit Jahren hocheffiziente Dämmmaterialien auf Basis von Aerogelen, die dank unzähliger Poren im Nanometerbereich eine ausgezeichnete Dämmwirkung erzielen. So können historische Gebäude mit einer dünnen Dämmschicht saniert werden, ohne das Erscheinungsbild zu beeinträchtigen. Um die Möglichkeiten von Aerogelanwendungen bekannter zu machen, hat die Empa letztes Jahr erstmalig den «Aerogel Architecture Award» verliehen, mit dem mehrere denkmalgeschützte Gebäude ausgezeichnet wurden.

Parallel zur Entwicklung dieser High-Tech-Materialien arbeitet die Empa-Abteilung «Building Energy Materials and Components» aber auch an einem ganz anderen Ansatz: nachhaltige Dämmstoffe aus pflanzlichen Abfällen, etwa angeschwemmten Algen. Hier wird eine etwas geringere Dämmleistung in Kauf genommen, dafür ist aber im Vergleich zu herkömmlichen Dämmmaterialien auf Basis von Polystyrol oder Mineralwolle wesentlich weniger Energie für die Produktion nötig; im besten Fall kann sogar der Atmo-

sphäre noch CO<sub>2</sub> entzogen und für Jahrzehnte im Gebäude gelagert werden.

### Erneuerbare Energien ausbauen

Als weitere wesentliche Säule der Energiestrategie 2050 ist der rasche Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung von zentraler Bedeutung. Aufgrund des teilweise grossen Widerstands und langer Verzögerungen beim Bau von Windkraftanlagen und beim Ausbau von Grosswasserkraftwerken liegen die Hoffnungen in der Schweiz vor allem auf der Photovoltaik. Ein grosses Potential liegt hier bei leichten, hocheffizienten Modulen, die sich für Anwendungen auf Dachflächen und an Fassaden sowie für Fahrzeuge und mobile Geräte eignen. Die Abteilung «Dünnschichten und Photovoltaik» hat 2021 einen weiteren Schritt in diese Richtung erzielt und einen Wirkungsgradrekord von knapp 21,4 Prozent für Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid-Solarzellen auf flexibler Polymerfolie erreicht.

Allerdings benötigt auch die Produktion von Photovoltaikmodulen Energie, die zu Beginn des Ausbaus der erneuerbaren Stromerzeugung überwiegend aus fossilen Quellen stammt. Wie überführen wir nun das globale Energiesystem bei minimalen kumulierten CO<sub>2</sub>-Emissionen in eine postfossile Zukunft? Die Empa-

Dr. Peter Richner, peter.richner@empa.ch  
Dr. Björn Niesen, bjoern.niesen@empa.ch



1 Dämmplatte basierend auf Algenfasern, welche an den Stränden des Mittelmeers angespült und typischerweise als Abfall entsorgt werden.

2 Preisverleihung des Aerogel Architecture Award am 15. Juli 2021 im NEST. Jurymitglied Volker Herzog würdigt die eingereichten Projekte.



Abteilung «Technologie und Gesellschaft» hat ein Modell entwickelt, um herauszufinden, welche Transitionsstrategie optimal für das Klima ist. Entgegen der Intuition kamen die Forscher zum Ergebnis, dass während der Transition die fossilen Kraftwerke maximal ausgelastet werden sollten, um die dadurch bereitgestellte Energie in den schnellstmöglichen Ausbau der Photovoltaik zu investieren. So führt die Transition zur minimalen kumulierten Emission und zur grösstmöglichen Wahrscheinlichkeit, die Erderhitzung auf 1,5 °C zu beschränken.

### Umbau des Energiesystems auf dem Empa-Campus

Da man bekanntlich zuerst vor der eigenen Tür kehren bzw. auf dem eigenen Dach installieren soll, wird die Empa zusammen mit der Eawag mit gutem Beispiel vorangehen und die auf dem gemeinsamen Campus in Dübendorf installierte Photovoltaik-Leistung in den kommenden Jahren von derzeit rund 460 kWp auf über 1000 kWp ausbauen. Dies geschieht im Rahmen eines umfassenden Umbaus des Campus-Energiesystems, der auch den Einsatz von Wärmepumpen, eines Blockheizkraftwerks und eines Hochtemperatur-Erdsondenfelds zur saisonalen Wärmespeicherung vorsieht. Ziel dabei ist eine Reduktion des Endenergiebedarfs auf dem Areal um rund 25 Prozent bis 2024 und eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen um über 60 Prozent, wofür zusätzlich vermehrt Wasserkraft-Strom und Biogas beschafft werden. Die Empa-Abteilung «Urban Energy Systems» begleitet den Umbau des Campus-Energiesystems wissenschaftlich, um den Betrieb zu optimieren und neue Ansätze, wie das bidirektionale Laden von Batterie-Elektrofahrzeugen zur Erhöhung des Photovoltaik-Eigenverbrauchs, im realen Betrieb zu erproben. //

Prof. Dr. Alex Dommann, alex.dommann@empa.ch

Um den wachsenden Bedürfnissen einer alternden Gesellschaft Rechnung zu tragen, konzentriert sich die Empa auf materialbasierte Innovationen. Neuartige Materialien können für eine Vielzahl von Entwicklungen für die Gesundheit und die Erhaltung der Leistungsfähigkeit der Menschen von Nutzen sein.

## Wearables: Accessoires für eine personalisierte Medizin

Dank tragbarer Sensoren und digitaler Zwillinge lassen sich heute Werkzeuge zur Frühdiagnose lebensbedrohlicher oder chronischer Krankheiten entwickeln, indem beispielsweise aktive und reaktionsfähige Komponenten in sensorische Geräte wie Fasern, Membranen und Textilien integriert werden. Das System dient dann sowohl zur Körperüberwachung mittels physikalischer, chemischer und biologischer Sensoren als auch zur transdermalen, kontrollierten Abgabe von Medikamenten. Bei den sogenannten «Closed-Loop»-Systemen für eine automatisierte Therapie misst ein Sensorelement einen bestimmten Wert, das System reagiert darauf mit der Freisetzung der entsprechenden Substanz zur Behandlung. Mit digitalen Zwillingen, etwa von bestimmten Organen, aber auch vom

ganzen Menschen, lassen sich die Reaktionen der Patientinnen und Patienten auf die verabreichten Therapeutika abschätzen. Unterstützung von verschiedenen Stiftungen sowie Partnerschaften mit Krankenhäusern wie dem Kantonsspital St. Gallen (KSSG) und dem Universitätsspital Zürich (USZ) ermöglichen gemeinsame Forschungsprojekte zur individualisierten Schmerztherapie, zur Vorbeugung von Druckgeschwüren oder zum Nachweis von Bakterien in Hautwunden.

## Implantate und biologische Grenzflächen

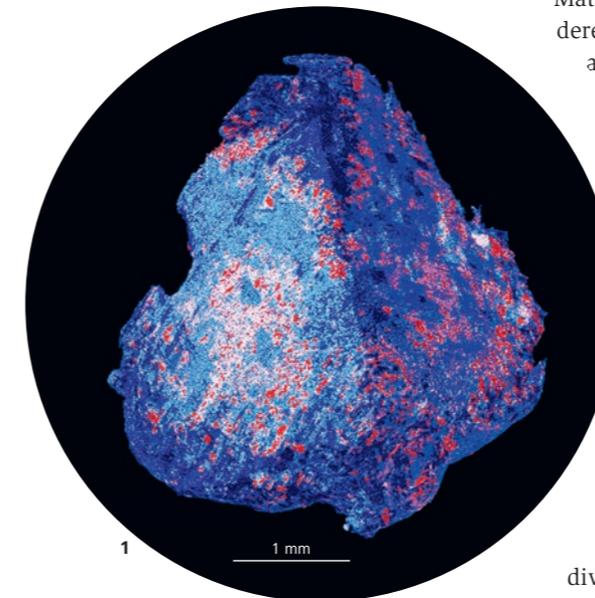
Die Medizin steht vor einem wachsenden Bedarf an für die Biomedizin anwendbaren Materialien und Implantaten für eine immer älter werdende Gesellschaft. Diese sollen Reparatur, Regeneration und Funktion von beeinträchtigten Geweben und Organen unterstützen. Die steigende Nachfrage bedingt eine fortschrittliche Materialforschung in den verschiedenen Bereichen wie Beschichtungen, Tribologie, Korrosion, Biomechanik und additive Fertigung. Ziel der Empa-Forschung ist es, die Reaktion verschiedener Zellen und Gewebe, also ihre spezifischen Anpassungen und Veränderungen an der Schnittstelle zu Materialoberflächen, zu

untersuchen. Dazu dienen hochgradig interdisziplinäre Ansätze und starke Verbindungen zur Industrie sowie zu klinischen Partnern. Die Empa nutzt ihre interdisziplinäre Stärke in der Materialforschung und führt wichtige Entdeckungen der klinischen Anwendung zu.

## Biomedizinische Bildgebungstechnologien

Zur Gewebeanalyse wurde an der Empa ein ganzheitliches Konzept etabliert, das die Weiterentwicklung der Präzisionsmedizin stark beeinflussen dürfte. Es basiert auf multi-level und multi-modaler Datenintegration durch Methoden des maschinellen Lernens. Es kombiniert Bildgebungsdaten aus der hochaufgelösten 3D-Röntgentomographie und der spektralen Mikroskopie mit genetischen und molekularen Analysen, sogenannten «omics»-Daten. Diese Vorgehensweise ermöglicht es, die Zusammenhänge zwischen den individuellen Krankheitsmanifestationen (dem Phänotyp) mit den ebenso individuellen genetischen Merkmalen der Betroffenen (deren Genotyp) besser zu verstehen. Die Empa leistet damit Pionierarbeit beim Aufbau eines «Imaging Hub» für Präzisionsmedizin in der Schweiz. Ihre dreidimensionalen analytischen Bildgebungsmethoden eröffnen neue Wege für

die nichtinvasive, digitale Präzisionspathologie, etwa von Tumorgeweben. Diese ermöglichen eine personalisierte und gezielte Diagnostik nicht nur in der Präzisionsmedizin und der Onkologie, sondern auch zum Beispiel bei der personalisierten Behandlung von Schlaganfall-Patienten.



## Nanostrukturierte Materialien für Gesundheits- und Medizintechnik

Ausserdem entwerfen und untersuchen Empa-Forschende nanoskalige Materialien, um Quanteneffekte, die sich aus reduzierten Abmessungen und heterogenen Grenzflächen ergeben, für Anwendungen in der Gesundheits- und Medizintechnik zu nutzen. Dazu braucht es die Beherrschung der ganzen Kompetenzkette vom Material- und Systemdesign bis hin zu deren Implementierung in eine Gerätearchitektur mit massgeschneiderten Fertigungs- und Analysetechniken.

Typische Anwendungen für nanostrukturierte Materialien liegen in der biochemischen Sensorik (Biomarker, Proteine), bei Bildgebung und Spektroskopie, bei der Diagnostik (zum Beispiel zur Überwachung der Proteinaggregation) sowie bei der Theranostik (personalisierte Medizin).

## Nanomedizinische Systeme

Das mittlerweile etablierte Konzept, jeden einzelnen Patienten individualisiert zu behandeln, eröffnet auch für die Materialforschung neue Ansätze. Forschende der Empa antizipieren zukunftsweisende Materialdesigns, indem

sie ihr Fachwissen bei der Synthese von Nanomaterialien mit präklinischen Untersuchungen kombinieren und auf die praktischen Bedürfnisse masschneidern. Das Zusammenspiel zwischen neuen Materialien und multizellulären Gewebemodellen erlaubt es, die physiologischen Prozesse im Menschen immer genauer abzubilden, sodass mittels multimodalen Bildgebungsverfahren und Bioinformatik die komplexen Wechselwirkungen, Signalwege und Heilungsprozesse ganzheitlich immer besser verstanden werden. Der Austausch mit Kliniken, aber auch mit Pharmaunternehmen und Behörden führte wiederum zu beeindruckenden Erfolgen. Es ist der Empa gelungen, neben neuen nanomaterialbasierten Plattformsystemen auch die zellbasierten Daten besser zu verifizieren und Wege zu finden, wie sich In-vitro-Daten analog zu In-vivo-Daten zur Risikobeurteilung von Nanomaterialien zuverlässiger nutzen lassen. //

1 Einen Schlaganfall sichtbar gemacht: dreidimensionale, nichtinvasive Histopathologie eines Blutgefäßes mit Anteilen an roten Blutkörperchen (Rot), Verkalkungen (Magenta), Fibrin (Helles Blau) und Blutplättchen (Dunkelblau).



## Von der Forschung zur Innovation

Erstklassige Forschung und Industrienähe – das sind die zwei «Pole», zwischen denen sich die Empa bewegt. Durch effiziente und individuelle Formen der Zusammenarbeit sowie ein breites Spektrum an Dienstleistungen ist die Empa in der Lage, ihren Partnern massgeschneiderte Lösungen anzubieten. Sei es, um neue Produkte und Anwendungen zu entwickeln, Technologien zu optimieren, konkrete Probleme zu lösen oder technisches Fachpersonal auf den neuesten Stand des Wissens zu bringen, die Empa ist mit ihren knapp 600 hochqualifizierten Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen sowie erstklassiger technischer Infrastruktur die richtige Adresse.

Marlen Müller, marlen.mueller@empa.ch

Zusammen mit Industriepartnern entwickelt die Empa spannende innovative Ideen für neue Materialien und Systeme – und unterzieht sie oft auch gleich einem Praxistest. Die Ideen werden in gemeinsamen Projekten untersucht, um neue Produkte zu entwickeln, bestehende Technologien zu verbessern und nachhaltiger zu machen oder innovative Lösungen für konkrete Probleme zu erarbeiten. Damit will die Empa die Wettbewerbsfähigkeit ihrer Partner stärken und den technologischen Wandel unterstützen.

Im Jahr 2021 wurden über 200 neue Forschungsprojekte gestartet, die Mehrheit davon mit Partnern aus der Industrie. 13 Erfindungen wurden zum Patent angemeldet und 14 neue Lizenz- und Technologietransferverträge mit Wirtschaftspartnern abgeschlossen.

## Wenn Pilze Holz veredeln

«Marmorholz» ist ein begehrter Werkstoff für sehr wertige Möbel. In einem neu entwickelten Verfahren ist es Empa-Forschenden der Abteilung «Cellulose & Wood Materials» um Francis Schwarze gelungen, die Besiedlung von Pilzen in einheimischen Holzarten wie Esche, Buche und Ahorn zu kontrollieren und dadurch kunstvolle Muster, Bilder und

sogar Wörter im Holz hervorzubringen. Dabei bleibt die Stabilität und Form des Holzes erhalten.

Schwarzes Team analysierte im Labor mehrere in der Natur vorkommende Pilzarten, jene mit den besten Eigenschaften wurden als Holzveredler ausgewählt. Je nach Kombination der Pilzarten entstanden im Holz dunkle, durch das Pigment Melanin verursachte Linien. Melanin ist wasserabweisend, antimikrobiell und schützt den Pilz vor natürlichen Gegenspielern wie etwa Bakterien. Auch die Muster konnten je nach Pilzart gesteuert werden, was zu unterschiedlichen Ergebnissen führte; manche Linien waren zerstreut, andere nahezu geometrisch perfekt. Zusammen mit dem Industriepartner Koster Holzwelten AG hat die Empa in einem von der Innosuisse geförderten Projekt das neue Verfahren entwickelt, das nun für die Herstellung von Unikaten verwendet wird.

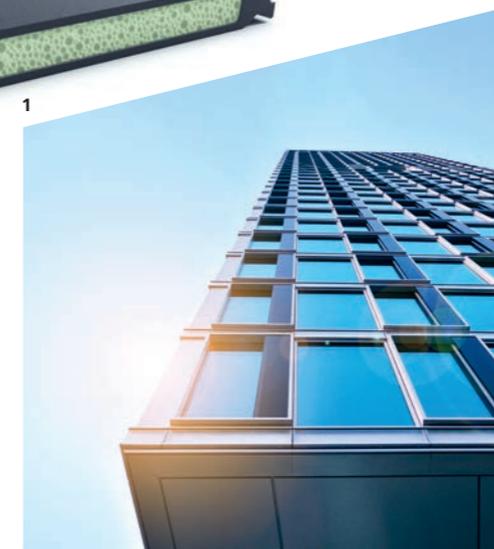
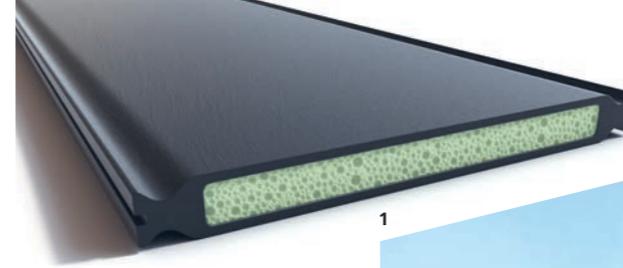
## Powerriegel unter dem Dämmsteg

Sogenannte Dämmstege stellen – versteckt im Inneren von Metallprofilen – die mechanische Verbindung zwischen Innen- und Aussenschale bei Fenstern und Fassadenverglasungen sicher und müssen entsprechend kompakt und belastbar sein. Sie dienen aber auch zur

thermischen Trennung, wozu sich typischerweise poröse und eher weiche oder spröde Materialien eignen. Aufgrund dieses Zielkonflikts bietet sich beim Dämmsteg bis heute Verbesserungspotenzial.

Forschende der Empa-Abteilung «Mechanical Systems Engineering» haben mit Experten des Metallbauunternehmens Hochuli in Wigoltingen eine neuartige Sandwich-Konstruktion aus glasfaserverstärktem Kunststoff und einem Kern aus PET-Schaum entwickelt. Der aus recycelten PET-Flaschen gewonnene Schaumkern sorgt für eine effiziente Wärmedämmung.

Umfangreiche Versuchsreihen am Institut zur Prüfung und Zertifizierung von Bauprodukten ift in Rosenheim (D) sowie entsprechende Zertifikate bescheinigen dem Alpet-Dämmsteg hervorragende Produkteigenschaften. Zur Vermarktung der Innovation wurde eigens eine neue Firma, hochuli advanced AG, gegründet.



1 Oben: Alpet-Dämmsteg aus Kunststoff: Die grünliche Farbe des Füllmaterials rührt von der Verwendung von PET aus recyklierten Flaschen her. Unten: Dämmstege im Inneren von Metallprofilen bei Fassaden müssen einerseits belastbar sein, andererseits dienen sie zur thermischen Dämmung. Bilder: hochuli advanced AG

2 Wanduhr mit einem Durchmesser von einem Meter, hergestellt aus marmoriertem Eschen-, Buchen- und Ahornholz unter Verwendung des Moderfäulepilzes, Kretzschmaria deusta: Das Holz wurde unter kontrollierten Bedingungen hergestellt und ist von schwarzen Linien durchzogen – mit dem Industriepartner Koster Holzwelten AG entstand so ein Unikat.

3 Die innovative Beschichtungsanlage «SC-1» ist das Kernprodukt des Empa-Spin-off Swiss Cluster AG.

## Aus zwei mach eins: Kombi-Beschichtungsanlage für zwei Verfahren

Die innovative Beschichtungsanlage namens «SC-1» ist das Kernprodukt des Empa-Spin-offs Swiss Cluster AG. Sie kombiniert zwei Beschichtungsmethoden in einem Gerät: «Atomic Layer Deposition» (ALD) und «Physical Vapor Deposition» (PVD). Dadurch muss das zu beschichtende Produkt nicht zwischen verschiedenen Kammern hin- und herbewegt und die Vakuumatmosphäre nicht gebrochen werden. So lassen sich Multilagenaus alternierenden Dünnschichten kostengünstig und schnell herstellen. Solche Multilagenaus verschiedenen Materialien komplementär zu kombinieren; sie sind aktuell ein Forschungsgebiet von grossem Interesse.

Die Anlage war in der Empa-Abteilung «Werkstoff- und Nanomechanik» entwickelt worden, 2020 wurde das Konzept von der Empa zum Patent angemeldet und die Technologie exklusiv an Swiss Cluster AG lizenziert. Ein Team von sechs Personen plant und baut inzwischen auf Basis der ALD- und PVD-Technologien angepasste Anlagen für grosse Firmenkunden. Der Verkauf von Einzelkomponenten, technische Beratung und Forschungsdienstleistungen runden das Angebot der jungen Firma ab. //

## Vom Prototyp über die Gründung bis zum Verkauf

Auch im vergangenen Jahr wurden Empa-Forschende mit neuen Geschäftsideen in den Business Incubatoren glatec in Dübendorf und Startfeld in St. Gallen gecoacht.

In der Empa-Abteilung «Urban Energy Systems» wurde zum Beispiel eine Technologie für den effizienten Gebäudebetrieb entwickelt, die auf «Machine Learning» mit physikalischen Randbedingungen und mathematischer Optimierung basiert. Mit minimalem Aufwand für die Inbetriebnahme kann der Energiebedarf fürs Heizen oder Kühlen um zwischen 25 und 50 Prozent reduziert werden, während der thermische Komfort sogar erhöht wird. Die Technologie soll künftig durch den Spin-off viboo kostengünstig und skalierbar über einen Cloud Service vertrieben werden. Die zukünftigen Kunden, zum Beispiel Gebäudeautomationsfirmen, können die Software einfach über eine Schnittstelle in ihre digitalen Produkte integrieren und so ihren Kunden innovative Gebäudeautomation anbieten. Die Technologie von viboo wurde an der Empa im NEST, dem Demonstrator für innovative Gebäudetechnologien, validiert. Der zukünftige Spin-off hat bereits zwei von drei Runden bei Venture Kick erfolgreich absolviert, ein Pilot-Projekt mit dem Wärme- und Kältetechnologie-Unternehmen Danfoss gestartet und wird von der Innosuisse im Rahmen des Programms «BRIDGE Proof-of-Concept» gefördert.

Die im Jahr 2021 von einem ehemaligen Empa-Mitarbeiter gegründete Perovskia Solar AG druckt kundenspezifische Solarzellen digital. Das Start-up, das von glatec unterstützt wird, ist an der Schnittstelle zwischen gedruckter Elektronik, Photovoltaik und Materialwissenschaft angesiedelt.

Eine erfreuliche Übernahme war im Jahr 2021 ebenfalls zu vermelden. Die Sensirion Holding AG, ein führender Anbieter von Umwelt- und Durchflusssensoren-Lösungen, erwarb das ehemalige glatec Start-up IRsweep AG, ein Anbieter von optischen Sensorlösungen. Das ETH- und Empa-Spin-off entwickelt, produziert und vertreibt optische Spektroskopielösungen auf Basis von Halbleiter-Quantenkaskadenlaser (QCL)-Frequenzkammtechnologie im mittleren Infrarotbereich.

**Klebelektroden für medizinische Anwendungen**  
Das 2017 gegründete Empa-Spin-off Nahtlos AG mit Sitz im Sartfeld wollte ursprünglich die Empa-Technologie des Laserschweissens auf den Markt bringen. Seit 2019 fokussiert das Start-up indes auf

Mario Jenni, mario.jenni@empa.ch  
Peter Frischknecht, peter.frischknecht@empa.ch

ebenfalls an der Empa entwickelte textile Elektroden. Bei der Weiterentwicklung dieser Technologie achtete Nahtlos darauf, eine Lösung zu finden, die alle Anforderungen (Wirksamkeit, Zweckmässigkeit und Wirtschaftlichkeit) für die Kostenerstattung im Medizinmarkt erfüllen würde.

Der Entwicklungspfad der letzten beiden Jahre führte vom EKG-Träger mit eingestrickten Elektroden über einen EKG-Träger mit Clip-in-Elektroden zu Klebe-Elektroden. Die Nahtlos-Klebe-Elektroden sind für medizinische Langzeitanwendungen die erste valide Alternative zur über 60 Jahre alten Gel-Elektrode. Im Vergleich zu dieser bietet die Nahtlos-Elektrode eine bessere Signalqualität (Wirksamkeit), höheren Patientenkomfort (Zweckmässigkeit) und eine höhere Wirtschaftlichkeit für den medizinischen Leistungserbringer bei Langzeitanwendungen. Die Signalqualität der Nahtlos Klebe-Elektrode wurde mit der Empa und der Schiller AG, einem weltweit führenden EKG-Geräte-Hersteller, gemeinsam validiert. Als Nächstes wird eine Studie an Patienten mit Herzrhythmusstörungen in Zusammenarbeit mit der Empa und dem Kantonsspital St. Gallen KSSG erfolgen.

Neben der reinen EKG-Anwendung wird

die Nahtlos-Langzeit-Elektrodenlösung auch in einer klinischen Studie mit an der Lungenkrankheit COPD leidenden Patienten angewendet werden, um deren Herzvariabilität über mehrere Wochen zu erfassen mit dem Ziel, Exazerbationen (Verschlimmerung der Lunge) zu erkennen. Ausserdem entwickelt die Nahtlos AG auf Grundlage der Empa-Elektroden-Technologie eine funktionale Elektrostimulations-Unterhose für die Paraplegiker-Stiftung. Diese dient der Langzeit-Elektrostimulation (mehrmals über den Tag verteilt), um den grossen Gesässmuskel (Gluteus Maximus) aufzubauen oder besser zu durchbluten und eine komfortable Dekubitusprävention bei Rollstuhlfahrern zu ermöglichen. Für 2022 plant Nahtlos AG eine Finanzierungsrunde und die Industrialisierung der Klebe-Elektrode. //



1

1  
Thermostat-Hersteller können den viboo-Algorithmus mittels Cloud-Anbindung in ihre Smart-Thermostate integrieren. Symbolbild: iStock/Andrey Popov



2

2  
Nahtlos Brustgurt zur medizinischen Langzeiterfassung der Herzrate und deren Variabilität.

Gabriele Dobenecker, gabriele.dobenecker@empa.ch  
Dr. Martin Gubser, martin.gubser@empa.ch

Als Forschungsinstitut des ETH-Bereichs ist die Empa zu rund 60 Prozent vom Bund grundfinanziert. Die übrigen 40 Prozent werden durch Drittmittel von Förderinstitutionen der Schweiz und der EU sowie durch Forschungsprojekte mit der Schweizer Industrie generiert. Einen wachsenden Anteil an diesen Drittmitteln haben aber auch Spenden und Zuwendungen privater Stiftungen, die es der Empa ermöglichen, innovative Forschungsvorhaben und vielversprechende Forschertalente zu fördern, die anderweitig noch keine Finanzierung erhalten.

## Mit neuer Kraft voraus

Im Februar 2021 stiess Martin Gubser zum Empa Zukunftsfonds. Er bringt jahrelange Erfahrung im strategischen Fundraising mit – so hat er in den letzten Jahren vor seiner Tätigkeit bei der Empa das Fundraising der Schweizer Paraplegiker-Stiftung und danach der UZH Foundation, der Spendenstiftung der Universität Zürich, geleitet.

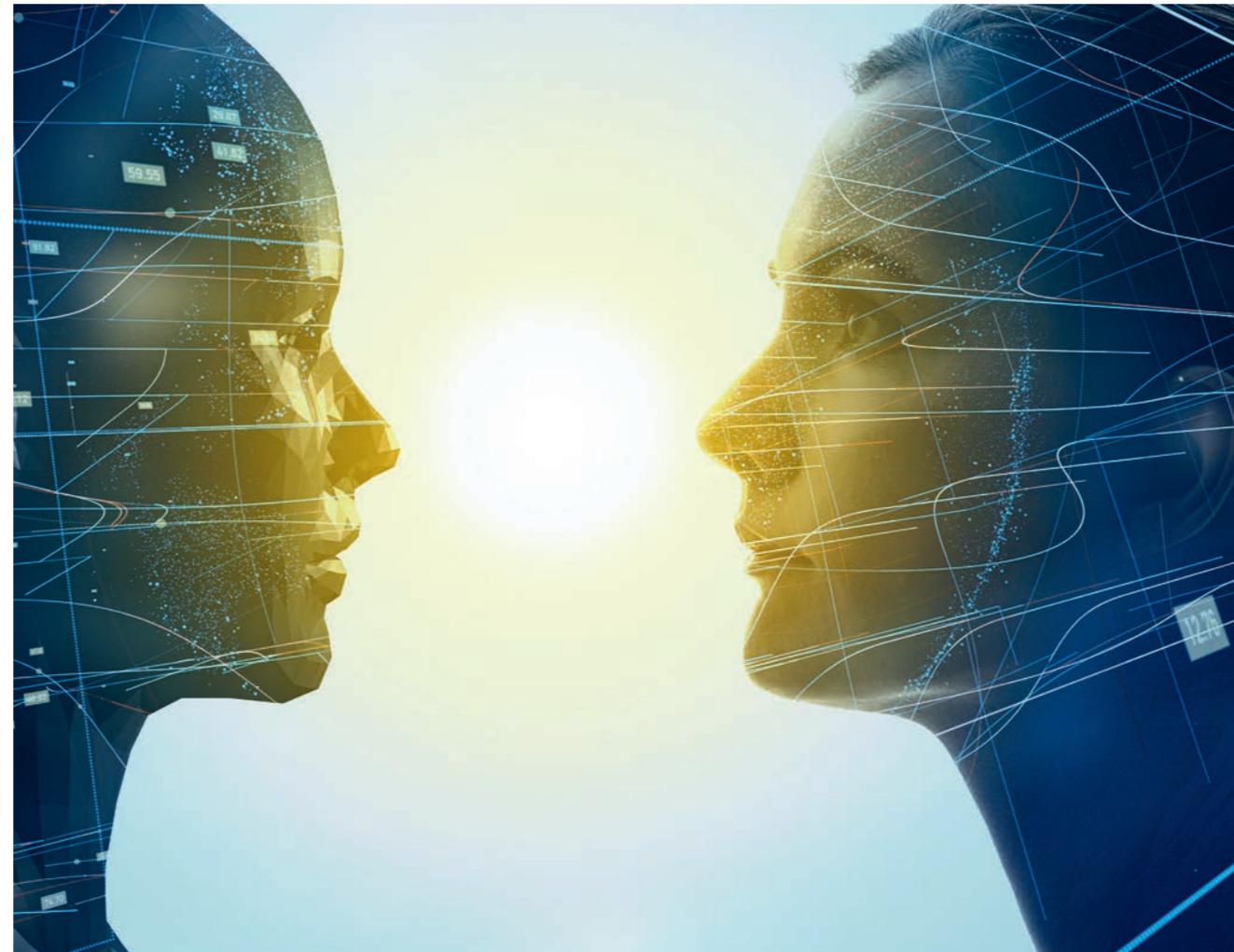
## Thematische Fonds für neue Ideen

Neue Wege in eine klimaneutrale und effiziente Energiezukunft, innovative Lösungen für nachhaltiges Bauen, die intensivierte Wiederverwertung von Mate-

rialien in einer Kreislaufwirtschaft, Technologien zur Verbesserung der Luftqualität oder Materialien und Systeme für neuartige Diagnoseverfahren und Therapien in der Medizin – an der Empa gibt es zahlreiche Möglichkeiten, Forschungsprojekte und Infrastrukturvorhaben zu fördern oder gezielt die Ausbildung junger, herausragender Talente zu unterstützen. Neben dem Zukunftsfonds als zentralem Spendeninstrument hat die Empa 2021 neu fünf thematische Fonds eingerichtet: je einen Fonds für Forschung im Bereich Nachhaltigkeit, Gesundheit, Energie, Nanotechnologie und einen Fonds zur Talentförderung.

## Förderung der Besten

An der Empa hat die Nachwuchsförderung einen hohen Stellenwert. Mit rund 400 Nachwuchsforschenden, die hier ihre Doktorarbeit machen oder ihre Postdoc-Karriere vorantreiben, ist der Pool an Talenten an der Empa enorm. Diesen Forschungsnachwuchs zu fördern ist eine direkte Investition in die Zukunft unseres Landes. 2021 hat die Empa erstmals ein «Empa Young Scientist Fellowship» vergeben. Es gibt herausragenden jungen Wissenschaftstalenten während zwei Jahren die Möglichkeit, schon früh in ihrer Laufbahn selbstständig zu arbeiten,



relevante Forschungsthemen zu adressieren und so ihre akademische Karriere anzustossen. Ein «Empa Young Scientist Fellowship» Projekt in St. Gallen wurde mit CHF 270 000 von der Ria & Arthur Dietschweiler Stiftung unterstützt, weitere Spenden gingen ohne weitere Zweckbestimmung in den Fonds Talentförderung ein.

## Digitale Avatare für die Schmerztherapie

Fentanylpflaster sind eine wirksame Alternative zur verzögerten Freisetzung von Morphin bei der Behandlung chronischer Schmerzen. Für eine wirksame Schmerzlinderung ohne unerwünschte Nebenwirkungen muss die Fentanyl-Konzentration im Blut allerdings sorgfältig kontrolliert werden. Ausserdem können physiologische Merkmale wie Alter, Geschlecht, Gewicht, Leberenzymaktivität usw. der Behandelten den Verlauf der Therapie beeinflussen. In einem neuen Projekt entwickeln Empa-Forschende einen massgeschneiderten digitalen Zwilling, der auf den physiologischen Merkmalen der Patienten und Patientinnen beruht und damit einen wichtigen Beitrag zum Schmerzmanagement leisten kann. Ermöglicht wurde das Projekt durch eine Spende über CHF 140 000 von der Margrit Weisheit-Stiftung Weisheit Stiftung. //

1  
Digitale Zwillinge sollen massgeschneiderte Therapien, etwa in der Schmerzbehandlung, ermöglichen. Symbolbild: Shutterstock

# Das neue Normal: virtuelles Networking

Auch im Jahr zwei der Pandemie waren der direkte Austausch und das Networking mit den nationalen und internationalen Partnern der Empa noch immer stark beeinträchtigt. Die meisten physischen Treffen fielen dabei in die relativ «virenarme» Zeit im Sommer und Herbst.

So organisierte das österreichische Bundesministerium für Digitalisierung und Wirtschaftsstandort gleich zwei Besuche an der Empa, an denen sich Vertreterinnen und Vertreter aus Industrie, Forschung und Verwaltung über Energie und Nachhaltigkeit, etwa neuartige Batterietechnologien und innovative Konzepte aus dem «Energy Hub» (ehub) der Empa, sowie über nachhaltige Beton- und Asphalt-Technologien austauschten. Und im Juli stattete eine thailändische Delegation um Botschafter Chakri Srichawana der Empa einen Besuch ab, um sich über die neusten Entwicklungen der Empa zu informieren und Möglichkeiten der Zusammenarbeit auszuloten.

## Treffen in digitalen Sphären

Was in der realen Welt oft nicht möglich war, wurde kurzerhand in die digitale Sphäre «verschoben». So fand bereits im März eine «virtuelle Zukunftsreise»

statt, auf der Empa-Expertinnen und -Experten mit (wiederum) österreichischen Delegierten aus Wirtschaft und Industrie die Zukunft von Materialien und Fabrikationsprozessen diskutierten und ihnen unter anderem das «Swiss m4m Center» – 3D-Druck von medizinischen Implantaten – und weitere Schweizer Initiativen im Bereich «Advanced Manufacturing» (AM) vorstellten.

Ebenfalls im März (und wiederum mit Partnern aus Österreich) trat der stellvertretende Empa-Direktor Peter Richner virtuell an einer Tagung der internationalen Forschungsplattform «ReConstruct» auf, wo er unter anderem mit Klimaministerin Leonore Gewessler an einer Podiumsdiskussion zum Thema klimaneutrales Bauen teilnahm.

Die renommierte dreitägige Konferenz «NanoMed Europe», die vom Empa-Forscher Peter Wick als «Conference Chair» in Zusammenarbeit mit der Universität St. Gallen und dem Kantonsspital St. Gallen organisiert wurde, fand ebenfalls rein virtuell statt. Dabei standen medizinische Anwendungen nanotechnologischer Verfahren und neuartige Medtech-Anwendungen im Zentrum – vor allem im Hinblick auf deren Umsetzung in die medizinische Praxis.

Prof. Dr. Gian-Luca Bona, gian-luca.bona@empa.ch

## Zusammenarbeit für einen nachhaltigen Umgang mit Ressourcen

In einem hybriden Format ging das «World Resources Forum 2021» im Oktober über die Bühne, also grösstenteils online, aber mit zusätzlichen Live-Events in kleinerem Kreis an der Empa-Akademie in Dübendorf und in Accra (Ghana). Im Rahmen der dreitägigen Veranstaltung haben sich insgesamt knapp 1000 Teilnehmende aus Politik, Forschung, Industrie und Gesellschaft über eine nachhaltige Nutzung unserer natürlichen Ressourcen ausgetauscht.

Im Bereich der internationalen Forschungszusammenarbeit war die Empa gemeinsam mit BASE («Basel Agency for Sustainable Energy») Anfang Jahr unter den weltweit acht Preisträgern der mit insgesamt zehn Millionen US-Dollar dotierten «Inclusive Growth and Recovery Challenge», die von der «Rockefeller Foundation», dem «Mastercard Center for Inclusive Growth» und data.org ausgeschrieben wurde, um die grossen gesellschaftlichen Herausforderungen mittels Computer- und Datenwissenschaft anzugehen. Im Projekt «Your Virtual Cold-Chain Assistant» entwickeln Empa-Forschende eine mobile App für Kleinbauern in Indien, um Lebensmittel vor dem Verderben zu schützen und so «Food Waste»



1 Im Jahr 2021 orientiert sich an der Empa gleich zwei österreichische Delegationen aus Industrie, Forschung und Verwaltung über Energie und Nachhaltigkeit sowie über nachhaltige Beton- und Asphalt-Technologien.

2 Der stellvertretende Empa-Direktor Peter Richner trat virtuell an einer Tagung der internationalen Forschungsplattform «ReConstruct» auf, wo er unter anderem mit der österreichischen Klimaministerin Leonore Gewessler (2. von links) an einer Podiumsdiskussion zum Thema klimaneutrales Bauen teilnahm.



zu vermeiden. Im Oktober wurde das Projekt zusammen mit der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) anlässlich des «West Africa Cold Chain Summit» in Lagos auch in Nigeria gestartet.

Um Nachhaltigkeit, genauer um nachhaltige Biomaterialien auf Holz- bzw. Zellulosebasis, geht es auch bei der neuen, im Oktober vereinbarten Forschungskooperation der Empa mit der «University of British Columbia». Die Empa ist dabei auch der «Boreal Alliance» beigetreten, einer internationalen Initiative, um die Forschung der Länder entlang des borealen Gürtels zu bündeln und die Ressourcen, die der Wald bietet, optimal und in Einklang mit einer nachhaltigen Entwicklung zu nutzen. //

# Dialog auf allen Kanälen

Dr. Michael Hagmann, michael.hagmann@empa.ch

Nachdem 2020 – coronabedingt – 80 Prozent weniger Besucherinnen und Besucher zu Führungen oder Veranstaltungen an die Empa kommen konnten, haben sich die Zahlen im vergangenen Jahr – zumindest, was die Veranstaltungen betrifft – wieder deutlich nach oben bewegen sich wieder auf Vor-Pandemie-Niveau – allerdings waren knapp 70 Prozent der Teilnehmenden lediglich virtuell dabei, so etwa auch bei den virtuellen Eröffnungen der beiden neuen NEST-Units Sprint und HiLo (siehe Seite 24). Der Digitalisierung sei Dank ...

Apropos NEST und Digitalisierung: Das Forschungsgebäude öffnete Mitte letzten Jahres seine virtuellen Pforten und hat inzwischen bereits mehr als 5000 Gäste angelockt, rund 40 Prozent davon aus dem Ausland. Die beiden neuen Units werden derzeit digitalisiert und danach ebenfalls ins virtuelle NEST eingebunden.

Einen (echten? virtuellen?) Besucher der besonderen Art hatte das NEST letztes Jahr auf jeden Fall: Im März war die Maus (die aus der «Sendung mit der Maus») in Dübendorf. Das Team um Armin Maiwald, Moderator der ersten Stunde, produzierte im NEST eine Sendung zum 50-jährigen Jubiläum der Kindersendung zum Thema: Wie bauen wir in Zukunft kreislaufgerecht?

## Reger Austausch mit der Politik

Im NEST empfing Empa-Direktor Gian-Luca Bona im Juni auch Bundesrat Ueli Maurer, den Direktor des Bundesamts für Bauten und Logistik (BBL), Pierre Broje, und Vize-Direktor Herbert Tichy. Sie besichtigten verschiedene Forschungsprojekte und Demonstratoren und tauschten sich mit der Empa-Direktion über innovative Konzepte zum Thema Netto-Null, etwa beim kreislaufgerechten Bauen, in der Mobilität und in der Energieforschung, aus. Ziel ist, diese Ansätze in die zahlreichen Bauten des Bundes einfließen zu lassen und hochzuskalieren.

Ausserdem besuchten verschiedene parlamentarische Kommissionen den Empa-Eawag-Campus in Dübendorf, etwa die nationalrätliche Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie (UREK) und ein Teil der Finanzkommission des Nationalrats.

Um den Innovationspark Zürich, der nicht weit von der Empa auf dem Flugplatz Dübendorf entstehen soll, ging es bei einem Austausch mit der Spezialkommission des Kantonsrats Zürich zur dortigen Gebietsentwicklung. Empa-Direktor Bona legte aus Sicht der Forschung dar, was es braucht, um den Innovationspark Zürich erfolgreich weiterzuentwickeln. Der Innovationspark schliesst laut Bona



1



2



3



4

1

Die virtuelle Tour ermöglicht es der breiten Öffentlichkeit, neue Technologien, Materialien und Prozesse des Bau- und Energiebereichs im Forschungs- und Innovationsgebäude NEST eigenhändig und von unterwegs oder von zuhause aus zu entdecken.

2

Roland Bilang, Geschäftsführer der Avenegy Suisse, und Brigitte Buchmann, Mitglied der Empa-Direktion, bei der Eröffnung der Ausstellung «Powerfuel» im Verkehrshaus der Schweiz in Luzern im März 2021.

3

Empa-Direktor Gian-Luca Bona (rechts) im Juni 2021 mit Bundesrat Ueli Maurer im NEST.

4

Am «Salon Public», dem grössten Wissenschaftsfestival der Schweiz, zeigte der stellvertretende Empa-Direktor Peter Richner im Oktober im Kursaal Bern auf, wie breit die Interpretation eines «intelligenten Gebäudes» angelegt werden kann.

eine Lücke im Innovationsökosystem im Grossraum Zürich – er bietet dringend benötigten Raum für Partnerschaften mit der Industrie, vor allem bei flächenintensiver Forschung mit Pilotanlagen und Testinfrastrukturen, der im Umfeld der Hochschulen sehr knapp ist.

## Corona nach wie vor ein (Forschungs-)Thema

Das Virus hat Empa-Forschende auch im vergangenen Jahr auf Trab gehalten. Neben der Mitarbeit in der Covid Task Force des Bundes liefen auch mehrere Studien in enger Zusammenarbeit und Abstimmung mit den Behörden des Kantons Graubünden. So analysierten (und modellierten) Empa-Forschende Anfang 2020 das Infektionsrisiko in Seilbahnen und Gondeln und untersuchten die Wirksamkeit regelmässiger Massentests zur Eindämmung der Pandemie sowie den Einfluss der Luftqualität in Innenräumen auf das Infektionsgeschehen.

## «On the road» – am «Salon Public», im Verkehrshaus und an der Olma

Doch auch der Dialog mit der Öffentlichkeit kam nicht zu kurz. Am «Salon Public», dem grössten Wissenschaftsfestival der Schweiz, zeigte der stellvertretende Empa-Direktor Peter Richner im Oktober

im Kursaal Bern auf, wie breit die Interpretation eines «intelligenten Gebäudes» angelegt werden kann, und wagte einen Blick weit über die heutigen baulichen Standards hinaus. Neben Richner traten am Salon auch der ehemalige deutsche Aussenminister Joschka Fischer, der Solar-Visionär Bertrand Piccard und der Philosoph Richard David Precht auf.

Das Thema nachhaltige Mobilität stand im Zentrum der (noch laufenden) Ausstellung «Powerfuel» im Verkehrshaus der Schweiz in Luzern und am Empa-Stand an der St. Galler Olma-Messe im Oktober. Dabei konnten Besucherinnen und Besucher unter anderem an einem Simulator üben, wie man ein Brennstoffzellenauto mit Wasserstoff betankt, und sie erfuhren, wie die Mobilität in der Schweiz klimaneutral werden kann.

Und zu guter Letzt präsentierte die Empa im Rahmen des Digitaltags 2021 verschiedene Life-Streams zu zukunfts-trächtigen Themen wie Drohnen und künstliche Intelligenz, autonomes Fahren und «digitale Zwillinge», um «Food Waste» zu vermeiden. //

# Gemeinsam in die Umsetzung des Aktionsplans

Unsere Stärke verdanken wir nicht zuletzt unserer Vielfalt: An der Empa forschen und wirken Menschen mit den unterschiedlichsten Hintergründen, aus diversen Kulturkreisen und mit vielfältigen Aufgaben. Herausragende Leistungen können nur auf dem Boden eines respektvollen Umgangs miteinander entstehen», ist Empa-Direktor Gian-Luca Bona überzeugt.

## Gründung der neuen Fachstelle für Diversität & Inklusion

Am 1. September 2021 wurde die neue gemeinsame Fachstelle für Diversität & Inklusion (D&I) PSI – Empa – Eawag gegründet, und Marianne Senn übergab ihre Funktion als Chancengleichheitsbeauftragte an Melina Spycher. Marianne Senn arbeitete als Chancengleichheitsbeauftragte in den vergangenen sechs Jahren äusserst kompetent, verfolgte neue Trends und gestaltete mehrere Aktionspläne massgebend mit. Damit hat sie einen wichtigen Beitrag zum ausgezeichneten Ruf der Empa als Arbeitgeberin geleistet.

Die neue Fachstelle D&I PSI – Empa – Eawag besteht aus Natalie Lerch-Pieper (Leiterin Fachstelle und verantwortlich für das PSI), Johanna Alves (Praktikantin D&I am PSI) und Melina Spycher. Melina Spycher ist als Expertein Diversität & In-

klusion zuständig für die Empa, wobei sie auch für die Eawag und das PSI arbeitet. Durch die Fachstelle können Synergien zwischen den drei Forschungsinstituten optimal genutzt und ein regelmässiger Austausch erleichtert werden. So wurde auch zwischen der Fachstelle D&I und der D&I-Koordinatorin der WSL, Urte Reckowsky, ein regelmässiger Austausch institutionalisiert.

## Aktionsplan Chancengleichheit und Diversität 2021–2024

Im Jahr 2021 lag der Schwerpunkt auf der Umsetzung des neuen Aktionsplans Chancengleichheit und Diversität 2021–2024 der Empa ([www.empa.ch/web/equal-opportunities](http://www.empa.ch/web/equal-opportunities)). Der Aktionsplan fokussiert auf folgende Punkte:

- Verankerung der Chancengleichheit an der Empa
- Respektvolles Verhalten an der Empa
- Gleiche Chancen für alle, insbesondere betreffend Frauen in Führungspositionen
- Life Domain Balance zwischen Arbeit und Privatleben
- Diversity and Inclusion

Im Rahmen des Punktes «gleiche Chancen» wurde die Empa im April 2021 Mit-

Dr. Marianne Senn, [marianne.senn@empa.ch](mailto:marianne.senn@empa.ch)  
Melina Spycher, [melina.spycher@empa.ch](mailto:melina.spycher@empa.ch)

glied bei «Advance», dem führenden Unternehmensverbund für die Gleichstellung der Geschlechter in der Schweiz. Dem Netzwerk gehören über 120 Schweizer Unternehmen an, die sich für die Erhöhung des Frauenanteils in Führungspositionen einsetzen. Sie bieten spannende «Skill-Building»-Workshops, Workshops zu «Best Practices» und Netzwerkveranstaltungen an. Die neuesten Veranstaltungen können auf der Chancengleichheits-Webseite im Intranet oder auf [www.wead-vance.ch](http://www.wead-vance.ch) gefunden werden.

## «We are still CONNECTing»

Das Programm «CONNECT» («connecting women's careers in academia and industry») ging im Oktober 2021 in die dritte Runde. Auch zwei Frauen der Empa sind beim Programm dabei und können bei Firmenbesuchen bei Medtronic, UVEK, Hitachi und GE aussergewöhnliche Frauen und ihre Karriere von der Akademie zur Industrie kennenlernen.

## Kinder erforschen spielerisch

Auch letztes Jahr konnten, trotz erschwerten Umständen durch die Pandemie, 24 Kinder von Mitarbeitenden am Sommercamp teilnehmen. Bei Work-

shops wie «Heisser Draht», «Raketen-Auto», «myBoomBox», «Heiss & Kalt» oder «Liquid Nitrogen» konnten sie spielerisch die Welt des Ingenieurwesens und der Materialforschung an der Empa kennenlernen. //



1  
Marianne Senn übergibt ihre Funktion symbolisch an Melina Spycher (links).



2  
Zwei der Jungforscherinnen am Sommercamp.

# Von der Kiesfläche zur ökologischen Oase

Die Stiftung «Natur&Wirtschaft» zeichnet vorbildliche Areale und Umgebungsplanungen hinsichtlich einer naturnahen Gestaltung und Förderung der Biodiversität im Siedlungsraum aus. Aktuell sind über 500 Institutionen mit dem Label der Stiftung zertifiziert, darunter auch die beiden Areale der Empa in St.Gallen und Dübendorf. Zur weiteren ökologischen Aufwertung machten die Experten der Stiftung einen Vorschlag für die Umgestaltung einer Basaltkiesfläche beim Laborgebäude am Standort St.Gallen. Diese öde Kiesfläche soll künftig der Natur überlassen und so zum Lebensraum für Kleintiere und Pflanzen werden. Wegen der Coronapandemie konnte das Projekt im Jahr 2020 nicht weiterverfolgt werden; 2021 hat ein Team von Mitarbeitenden mit den Umgestaltungsarbeiten begonnen.

## Sprint – neue NEST-Unit in Betrieb

Während die Pandemie viele Projekte eher bremste oder sogar verunmöglichte, beschleunigte sie dagegen eines: den Bau der neuen NEST-Unit «Sprint». In nur zehn Monaten wurden flexible und Covid-19-konforme Büroräume aus grösstenteils wiederverwendeten Materialien und Bauteilen erstellt. Somit stehen Empa-Mitarbeitenden vermehrt Einzelbüros zur Ver-

fügung. Die neue Unit zeigt: Der Bestand an wiederverwendbaren Materialien sowie das Wiederverwendungspotenzial in der Industrie sind gross. Es zeigte sich, dass Bauen mit wiederverwendeten Materialien und Bauteilen eine schnelle und echte Alternative zum Bauen mit Neumaterial ist. Die Unit folgt dem «Design for Disassembly»-Ansatz, sodass bei Bedarf unter anderem die flexiblen Trennwände rückgebaut werden können und die Einzel- zu Mehrpersonen-Büros werden.

## «Net Zero Day» der Forschungsanstalten

Um Lösungen für eine Transformation unserer Gesellschaft in Richtung «Netto-Null» der CO<sub>2</sub>-Emissionen zu entwickeln, organisierten die vier Forschungsinstitute des ETH-Bereichs – Empa, PSI, Eawag und WSL – im Oktober 2021 einen «Net Zero Day». Ziel war, das Wissen über die laufende Forschung innerhalb des Bereichs auszutauschen, Netzwerke zwischen Forschenden aller Institute zu initiieren und zu stärken sowie Möglichkeiten für neue Kooperationen zu identifizieren. Erste gemeinsame Themen, die sich herauskristallisiert haben, sind etwa Lebenszyklusanalysen, Batterien, synthetische Treibstoffe, Daten und Multi-skalensimulationen. In Arbeitsgruppen

Marcel Gauch, marcel.gauch@empa.ch

werden diese Themen nun weiter definiert.

## Empa-Publikationen auf 100% Recyclingpapier

Während die Empa schon länger ihre Kopiergeräte ausschliesslich mit Recyclingpapier bestückt, werden ihre periodisch erscheinenden Publikationen wie der Jahresbericht, das Forschungsmagazin Empa Quarterly sowie die Mitarbeiterzeitschrift Empalntern nun ebenfalls auf Papier gedruckt, das aus 100 Prozent Altpapier hergestellt wurde. Zudem wird beim Versand der meisten Magazine auf Plastikfolie verzichtet. Damit werden jährlich rund 80 Kilogramm Plastik eingespart.

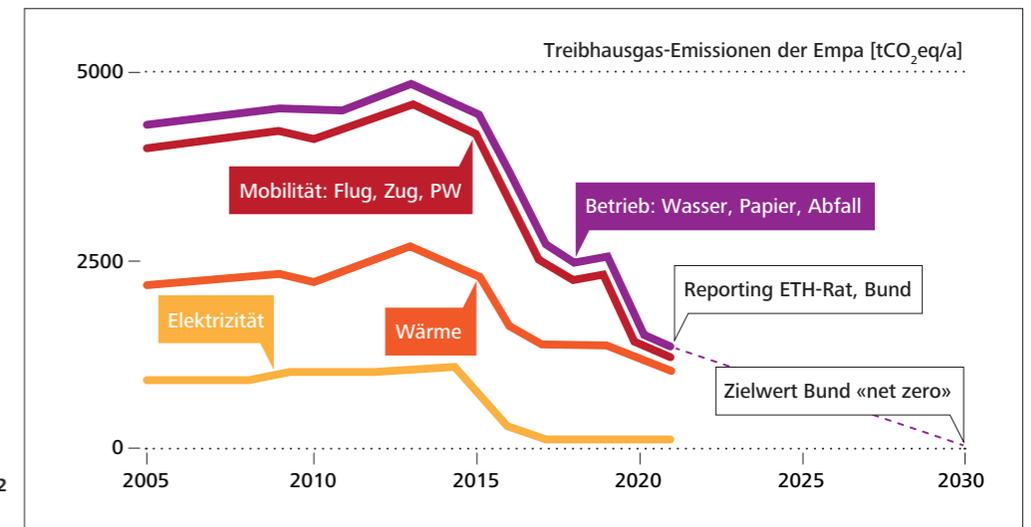
## Beeindruckende Reduktion der Treibhausgas-Emissionen

Nach den coronabedingten starken Reduktionen der Treibhausgasemissionen durch Einschränkungen des Flugverkehrs zeigte sich weiterhin ein sinkender Trend im Bereich der Mobilität. Es scheint, dass die Mitarbeitenden inzwischen vermehrt moderne Kommunikationsmittel nutzen. Ein gewisser Aufholereffekt ist jedoch künftig bei den Flugreisen zu erwarten. Eine dauerhafte Tendenz zu sinkenden Treibhausgasemissionen zeichnet sich im Be-

reich Wärme ab. Dank umfassender Umbaumaassnahmen in Dübendorf wurden die Energieeffizienz gesteigert und die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern reduziert, die ersten positiven Auswirkungen werden sichtbar. //

**1** Was passiert, wenn man der Natur ihren freien Lauf lässt? Bei einer öden Kiesfläche am Standort St. Gallen wird auf das Abbrennen «wild» wachsender Pflanzen verzichtet. So kann ein Lebensraum für Kleintiere und Pflanzen entstehen.

**2** Entwicklung der Treibhausgasemissionen der Empa: Im Vergleich zum Bezugsjahr 2006 konnten bei der Elektrizität und der Mobilität starke Reduktionen erreicht werden. Es bleibt abzuwarten, wie dauerhaft der coronabedingte Einbruch bei der Mobilität bleiben wird. Dank Technologieumstellungen werden sich interessante Reduktionspotenziale im Wärmebereich erschliessen lassen. Die Empa will gemäss Vorgaben des Bundes «Netto-Null» bis 2030 erreichen.





## Zahlen und Fakten

Forscher messen gerne, unter anderem auch ihre eigene Leistung: 2021 haben Empa-Forscherinnen und -Ingenieure 850 wissenschaftliche Publikationen veröffentlicht und 13 Entwicklungen zum Patent angemeldet. Ende Jahr liefen an der Empa 112 vom Schweizer Nationalfonds (SNF) finanzierte Projekte; 98 Projekte, die von der Innosuisse unterstützt wurden, und 71 EU-Projekte. Die 28 Spin-offs beschäftigten zusammen mit weiteren Start-ups in den beiden Business-Inkubatoren der Empa insgesamt 1097 Mitarbeitende.

Die Jahresrechnung der Empa wird, wie bei allen Institutionen des ETH-Bereichs, in Orientierung an IPSAS (International Public Sector Accounting Standards) erstellt. Sie finden sie unter [www.empa.ch/web/s604/annual-reports](http://www.empa.ch/web/s604/annual-reports).

Stefan Hösli, stefan.hoesli@empa.ch

**Z**iel des Risikomanagements an der Empa ist, mögliche Risiken für das Unternehmen und dessen Mitarbeitende frühzeitig zu erkennen und entsprechende Massnahmen zu treffen. Dieses System trägt zu einer gelebten Sicherheitskultur bei und damit zu einer sich stetig verbessernden Sicherheitslage an der Empa.

## Grundsätze im Umgang mit Risiken

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

Das Risikomanagement erfolgt nach einem standardisierten Prozess, der mit einer periodischen Bestandsaufnahme von Risiken beginnt. Jedes Risiko wird nach möglicher Auswirkung und Wahrscheinlichkeit des Eintretens bewertet und in den Dimensionen Finanz- und Reputationsrisiko beurteilt. Schliesslich werden Massnahmen für die Eindämmung der Risiken definiert und umgesetzt. Im Risikocontrolling wird der Risikomanagementprozess regelmässig überprüft und – falls notwendig – angepasst.

## Herausforderung Covid-19

Covid-19 hat, wie in allen anderen Bereichen des Lebens, auch die Arbeit des Risk Management im Jahr 2021 weiterhin bestimmt. Die Direktion hat entschieden, einen der Situation angepassten Betrieb aufrechtzuerhalten. Dies erforderte ein hohes Mass an Flexibilität und Pragmatismus seitens der Mitglieder der Covid-19 Task Force, des Risk Managements, aber auch aller anderen Mitarbeitenden der Empa. Die Task Force, wie auch die Mitarbeitenden des Risk Managements, haben die Situation beobachtet, den Kontakt mit den Behörden gepflegt und jeweils adäquate Vorschläge für ein sicheres Arbeiten der Direktion zum Entscheid vorgelegt und im Anschluss implementiert. Die Anzahl der Mitarbeitenden im Homeoffice schwankte deshalb stark. Genauso wie die Anzahl der Veranstaltungen, die an der Empa durchgeführt werden konnten, sowie deren Teilnehmerzahl. Ausgenommen davon waren einzig Veranstaltungen im Zusammenhang mit der beruflichen Grundbildung. Da es für den Wirtschaftsstandort Schweiz sehr wichtig ist, Nachwuchskräfte für die Wirtschaft auszubilden, wurde entschieden, diesen Teil mit erweiterten Schutzkonzepten fast vollumfänglich aufrechtzuerhalten.

Eine besondere Rolle bei der Bewältigung der Krise nahm dabei auch in diesem Jahr der betriebliche Rettungsdienst der Empa ein. Er war das Bindeglied der Empa zu den nationalen und kantonalen Behörden und liess alle epidemiologischen Erkenntnisse in die internen Abläufe und Massnahmen einfließen und gestaltete die Konzepte mit. Der betriebliche Rettungsdienst übernahm, zusätzlich zur normalen medizinischen Versorgung der Empa und der Eawag, auch das interne «Contact Tracing». Im Weiteren wurde der Unterstützung der Mitarbeitenden in Bezug auf alle Covid-19-spezifischen Fragen hohe Priorität ein-

geräumt. Hunderte von Gesprächen, Mails und Telefonate haben dazu beigetragen, die Stimmung an allen Standorten entspannt zu halten und, in Verbindung mit den massgeschneiderten Massnahmen eine direkte Ansteckung zwischen Mitarbeitenden tief zu halten.

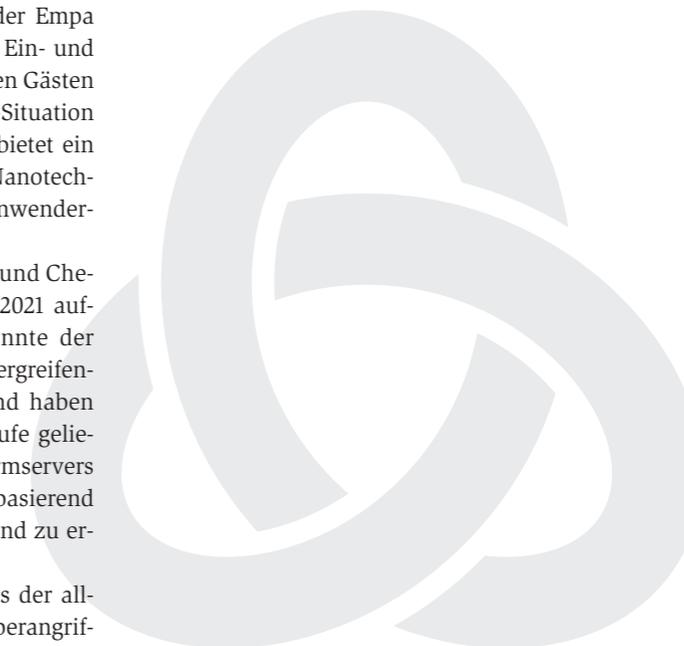
## Weiterentwicklung der Sicherheitsorganisation

Einen zentralen Punkt der Präventionsbemühungen der Empa bildet die Schulung der Mitarbeitenden. Bei etwa 500 Ein- und Austritten von neuen Mitarbeitenden und akademischen Gästen pro Jahr eine Herausforderung, die durch die Corona-Situation nicht geringer geworden ist. Das Risikomanagement bietet ein breites Schulungsangebot in den Gebieten Chemie-, Nanotechnologie-, Laser-Sicherheit usw. für unterschiedliche Anwenderstufen an.

Der betriebliche Rettungsdienst sowie das Feuer- und Chemiewehrteam haben ihr Übungsregime auch im Jahr 2021 aufrechterhalten. Mit punktuellen Weiterbildungen konnte der Ausbildungsstand weiter gehoben werden. Themenübergreifende Übungen wurden trotz Covid-19 durchgeführt und haben wichtige Inputs für weitere Verbesserungen der Abläufe geliefert. Die technisch anspruchsvolle Ablösung des Alarmservers wurde ebenfalls genutzt, um die Alarmierungsabläufe basierend auf neuen technischen Möglichkeiten zu optimieren und zu erweitern.

Das Thema Informationssicherheit hat angesichts der allgemeinen Bedrohungslage durch die Häufung von Cyberangriffen im Jahr 2021 weiter an Relevanz gewonnen. Ein Informationssicherheits-Team hat die Arbeit aufgenommen und eine Weisung zur Informationssicherheit erarbeitet sowie die Erfassung der Informationsassets als Basis für die Festlegung der

Regeln für den Umgang mit spezifischen Informationen gestartet. Das Ziel ist, die Informationen basierend auf einer Analyse der Geschäftsrisiken bezüglich Vertraulichkeit, Integrität und Verfügbarkeit zu schützen. Das Thema wird auch zukünftig in Anlehnung an die Norm systematisch und auf die Institution optimiert weiterentwickelt. //



# Personelle Entwicklung

(in Klammern die Vorjahreszahlen)

André Schmid, andre.schmid@empa.ch

Ende 2021 arbeiteten inklusive der Lernenden 1012 (1022) Personen an der Empa. Dies entspricht, bedingt durch die vielen Teilzeitmöglichkeiten, einem Vollzeitäquivalent (FTE) von 948,2 (958,8) Stellen.

Der Bestand an wissenschaftlichem Personal inklusive Doktoranden und Postdoktoranden beträgt 574 (588) Personen. Davon sind 101 (104) Senior Scientists. Als technisches/administratives Personal waren im Berichtsjahr 395 (393) Personen tätig. Der Frauenanteil von 28,2 (29,7) Prozent widerspiegelt die Absolventenzahlen der Universitäten und der ETH bei den Fakultäten, die an der Empa vertreten sind.

Der Ausländeranteil liegt mit 457 (470) Personen bei 45,2 (46,0) Prozent des gesamten Personalbestands. Aus dem EU-Raum stammen 268 (285) Personen, das sind 58,6 (60,6) Prozent aller ausländischen Mitarbeitenden. Die Empa bietet eine breite Palette von Berufslehren an und beschäftigt 43 (41) Lernende. Auch 2021 haben alle Lernenden die Abschlussprüfungen bestanden. //

## PERSONALBESTAND ENDE JAHR

	2020	2021
Wissenschaftliches Personal	588	574
Technisches/administratives Personal	393	395
Lernende	41	43
<b>Total</b>	<b>1022</b>	<b>1012</b>

# Kennzahlen

## WISSENSCHAFTLICHER OUTPUT

	2020	2021
ISI-Publikationen	852	850
Konferenzbeiträge	494	942
Doktoratsabschlüsse	28	34
Laufende Doktorate	199	226
Lehrtätigkeit (in Stunden)	4942	4529
Preise/Auszeichnungen	46	50

## MEDIENPRÄSENZ

	2020	2021
Radio	118	143
TV	55	57
Print	1405	1370
Online	6090	6880
<b>Total</b>	<b>7665</b>	<b>8450</b>
Sprachen	38	39

## EMPA-AKADEMIE

	2020	2021
<b>Empa-Veranstaltungen</b>	<b>24</b>	<b>70</b>
Teilnehmende	1300	4490
Davon vor Ort / online	450/850	1266/3224
Wissenschaftliche Tagungen	6	18
Fachveranstaltungen für die Wirtschaft	13	14

## WISSENS- & TECHNOLOGIETRANSFER

	2020	2021
Neue F&E-Vereinbarungen	208	232
Aktive Verwertungsverträge (Lizenz/Option/Verkauf)	66	54
Neue Verwertungsverträge	14	14
Neue Patentanmeldungen	15	13

## SPIN-OFFS & START-UPS (Startfeld & glaTec)

	2020	2021
<b>Firmen gesamt</b>	<b>119</b>	<b>107</b>
Davon Spin-offs	29	28
<b>Mitarbeitende gesamt</b>	<b>1147</b>	<b>1097</b>
Davon Mitarbeitende der Spin-offs	155	173

## LAUFENDE PROJEKTE

	2020	2021
SNF	104	112
Innosuisse	81	98
EU	72	71

## **ETH-Rat**

Der ETH-Rat leitet den ETH-Bereich mit den beiden Eidgenössischen Technischen Hochschulen und den vier Forschungsanstalten PSI, WSL, Eawag und Empa.

### **PRÄSIDENT**

Michael O. Hengartner **Prof. Dr.**

### **VIZEPRÄSIDENTIN**

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

### **MITGLIEDER**

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

Gian-Luca Bona **Prof. Dr., Empa**

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

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

Susan Gasser **Prof. Dr., Dr. h.c.mult., Universität Basel**

Christiane Leister **Leister AG**

Joël Mesot **Prof. Dr., ETH Zürich**

Cornelia Ritz Bossicard **2bridge AG**

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

## **Industriebeirat**

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

### **PRÄSIDENT**

Stefan Ramseier **Dr., Consenec AG**

### **MITGLIEDER**

Burkhard Böckem **Dr., Hexagon Geosystems Services AG**

Beat Flühmann **Dr., Vifor Pharma Group**

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

Markus Hofer **Dr., Bühler AG**

Christian Koitzsch **Dr., Robert Bosch GmbH**

Katharina Lehmann **Blumer-Lehmann AG**

Chris Luebke **Dr., ETH Zürich**

Céline Mahieux **Shell (Switzerland) AG**

## **Forschungskommission**

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

### **MITGLIEDER**

Urs T. Dürig **Dr., SwissLitho AG**

Thomas Egli **Prof. em. Dr.**

Marcus Textor **Prof. Dr., ETH Zürich**

Alexander Wokaun **Prof. em. Dr.**

# Organigramm

Stand Mai 2022

## RESEARCH FOCUS AREAS (Forschungsschwerpunkte)

### Nanoskalige Materialien und Technologien

Dr. Pierangelo Gröning

### Sustainable Built Environment

Dr. Tanja Zimmermann  
Dr. Mateusz Wyrzykowski

### Gesundheit und Leistungsfähigkeit

Prof. Dr. Alex Dommann

### Ressourcen und Schadstoffe

Dr. Brigitte Buchmann

### Energie

Dr. Peter Richner  
Dr. Björn Niesen

## FORSCHUNGS-, WISSENS- UND TECHNOLOGIETRANSFER-PLATTFORMEN

### NEST/dhub

Reto Largo

### move

Dr. Brigitte Buchmann

### ehub

Philipp Heer

### Coating Competence Center

Dr. Lars Sommerhäuser

### Empa-Akademie

Claudia Gonzalez

### Business Incubators glaTec

Mario Jenni

### Startfeld

Peter Frischknecht

### International Research Cooperations

Prof. Dr. Gian-Luca Bona

## DIREKTION

### Direktor

Prof. Dr. Gian-Luca Bona

### Stv. Direktor

Dr. Peter Richner

### Mitglieder

Dr. Brigitte Buchmann, Prof. Dr. Alex Dommann, Dr. Pierangelo Gröning, Dr. Urs Leemann, Dr. Tanja Zimmermann

Empa-Portal [portal@empa.ch](mailto:portal@empa.ch) / Tel. +41 58 765 44 44 / [empa.ch/empa-portal](http://empa.ch/empa-portal)

## DEPARTMENTE

### Moderne Materialien, Ober- und Grenzflächen

Dr. Pierangelo Gröning

### Zentrum für Elektronenmikroskopie

Dr. Rolf Erni

## ABTEILUNGEN

### Fügetechnologien und Korrosion

Dr. Lars Jeurgens

### Advanced Materials Processing

Prof. Dr. Patrik Hoffmann

### nanotech@surfaces

Prof. Dr. Roman Fasel

### Werkstoff- und Nanomechanik

Dr. Johann Michler

### Dünnschichten und Photovoltaik

Prof. Dr. Ayodhya N. Tiwari

### Surface Science and Coating Technologies

Dr. Lars Sommerhäuser a.i.

### Funktionspolymere

Prof. Dr. Frank Nüesch

### Ingenieurwissenschaften

Dr. Peter Richner

### Center for Synergetic Structures

Dr. Cédric Galliot

### Ingenieur-Strukturen

Prof. Dr. Masoud Motavalli

### Mechanical Systems Engineering

Prof. Dr. Giovanni Terrasi

### Multiscale Studies in Building Physics

Dr. Ivan Fabrizio Lunati

### Experimental Continuum Mechanics

Prof. Dr. Edoardo Mazza

### Urban Energy Systems

Dr. Kristina Orehounig

### Materials Meet Life

Prof. Dr. Alex Dommann

### Zentrum für Röntgenanalytik

Prof. Dr. Antonia Neels

### Magnetic and Functional Thin Films

Prof. Dr. Hans Josef Hug

### Biomimetic Membranes and Textiles

Prof. Dr. René Rossi

### Particles-Biology Interactions

Dr. Peter Wick

### Biointerfaces

Prof. Dr. Katharina Maniura

### Transport at Nanoscale Interfaces

Prof. Dr. Michel Calame

### Mobilität, Energie und Umwelt

Dr. Brigitte Buchmann

### Materials for Energy Conversion

Dr. Corsin Battaglia

### Advanced Analytical Technologies

PD Dr. Davide Bleiner

### Luftfremdstoffe/Umwelttechnik

Dr. Lukas Emmenegger

### Fahrzeugantriebssysteme

Christian Bach

### Materials for Renewable Energy

Prof. Dr. Andreas Züttel (Antenne Sion)

### Technologie und Gesellschaft

Dr. Patrick Wäger

### Akustik / Lärminderung

Dr. Jean Marc Wunderli

### Functional Materials

Dr. Tanja Zimmermann

### Scientific IT

Dr. Tanja Zimmermann

### Materials and Technology Center of Robotics

Prof. Dr. Mirko Kovac

### Hochleistungskeramik

Prof. Dr. Thomas Graule

### Beton und Asphalt

Prof. Dr. Pietro Lura

### Cellulose & Wood Materials

Dr. Gustav Nyström

### Building Energy Materials and Components

Dr. Wim Malfait

### Advanced Fibers

Prof. Dr. Manfred Heuberger

### Corporate Services

Dr. Urs Leemann

### Bibliothek (Lib4RI)

Dr. Lothar Nunnenmacher

### Fundraising/Entrepreneurship/Industry Relations

Gabriele Dobenecker

### Informatik

Stephan Koch

### Konstruktion/Werkstatt

Stefan Hösli

### Finanzen/Controlling/Einkauf

Heidi Leutwyler

### Kommunikation

Dr. Michael Hagmann

### Personal

André Schmid

### Wissens- und Technologietransfer/Recht

Marlen Müller

### Immobilienmanagement

Hannes Pichler



## Jahresrechnung 2021

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

Rundungsdifferenzen: Die Summe der in diesem Dokument ausgewiesenen Zahlen stimmt möglicherweise nicht genau mit den in den Tabellen dargestellten Gesamtbeträgen überein. Veränderungen werden auf nicht gerundeten Zahlen berechnet und können von einem Wert abweichen, der auf den in den Tabellen dargestellten gerundeten Werten basiert.

**76**

Erfolgsrechnung

**78**

Bilanz

**80**

Eigenkapitalnachweis

**84**

Geldflussrechnung

**86**

Anhang

**139**

Bericht der Revisionsstelle

# Erfolgsrechnung

TCHF	Anhang	2021	2020	Veränderung absolut
Finanzierungsbeitrag des Bundes		108 406	109 200	-794
Beitrag an Unterbringung		12 478	13 459	-981
<b>Trägerfinanzierung</b>	<b>5</b>	<b>120 884</b>	<b>122 659</b>	<b>-1 775</b>
<b>Studiengebühren, Weiterbildung</b>	<b>6</b>	<b>55</b>	<b>27</b>	<b>28</b>
Schweizerischer Nationalfonds (SNF)		7 880	8 750	-869
Schweizerische Agentur für Innovationsförderung (Innosuisse)		10 436	9 757	678
Forschung Bund (Ressortforschung)		6 317	7 198	-881
EU-Forschungsrahmenprogramme (EU-FRP)		6 349	5 972	377
Wirtschaftsorientierte Forschung (Privatwirtschaft)		13 456	12 813	642
Übrige projektorientierte Drittmittel (inkl. Kantone, Gemeinden, internationale Organisationen)		3 768	4 271	-503
<b>Forschungsbeiträge, -aufträge und wissenschaftliche Dienstleistungen</b>	<b>7</b>	<b>48 205</b>	<b>48 761</b>	<b>-556</b>
<b>Schenkungen und Legate</b>	<b>8</b>	<b>426</b>	<b>810</b>	<b>-384</b>
<b>Übrige Erträge</b>	<b>9</b>	<b>7 669</b>	<b>7 760</b>	<b>-91</b>
<b>Operativer Ertrag</b>		<b>177 238</b>	<b>180 017</b>	<b>-2 779</b>
Personalaufwand	10, 31	118 389	125 743	-7 354
Sachaufwand	11	40 902	40 743	159
Abschreibungen	18, 20	12 680	11 885	794
Transferaufwand	12	645	2 995	-2 350
<b>Operativer Aufwand</b>		<b>172 615</b>	<b>181 366</b>	<b>-8 751</b>
<b>Operatives Ergebnis</b>		<b>4 623</b>	<b>-1 349</b>	<b>5 972</b>
Finanzergebnis	13	-1	-32	31
Ergebnis von assoziierten Einheiten und Joint Ventures		-	-	-
<b>Jahresergebnis</b>		<b>4 621</b>	<b>-1 381</b>	<b>6 003</b>

Die Empa weist für das Jahr 2021 einen Jahresgewinn von 4.6 Mio. Franken aus (2020: Jahresverlust von 1.4 Mio. Franken).

Die Veränderung ist hauptsächlich auf den um 8.8 Mio. tieferen operativen Aufwand, die um 1.8 Mio. tiefere Trägerfinanzierung und um 1.0 Mio. tiefere Einnahmen zurückzuführen.

Die Nettovorsorgeverpflichtung (IPSAS 39) hat die Erfolgsrechnung um 1.6 Mio. entlastet (VJ: Belastung mit 5.2 Mio.), siehe Anhang 25 Nettovorsorgeverpflichtung.

Zweit- und Drittmittel haben keinen wesentlichen Einfluss auf das Jahresergebnis. Die Erträge werden in der Höhe der aufgelaufenen Projektkosten realisiert. Die Differenz zwischen den zugeflossenen (operativer Ertrag) und den effektiv verwendeten Mitteln (operativer Aufwand) wird über die Buchung der erfolgswirksamen Bestandsveränderung in der Höhe von 5.2 Mio. als Ertragsreduktion (VJ: Ertragserhöhung von 0.7 Mio.) für bereits geleistete Projektarbeiten abgegrenzt.

Der operative Ertrag ist mit 177.2 tiefer als im Vorjahr (VJ: 180.0 Mio.). Dieser Rückgang ist hauptsächlich auf die Trägerfinanzierung (-1.8 Mio.), die übrigen projektorientierten Drittmitteln (-0.5) und übrigen Erträgen und Schenkungen (-0.4) zurückzuführen. Die wissenschaftlichen Dienstleistungen zeigen keine wesentlichen Covid-19 Einflüsse mehr.

Der Anteil der Trägerfinanzierung (Finanzierungsbeitrag des Bundes inkl. Beitrag an die Unterbringung) beträgt 68.2 % (VJ: 68.1 %) des operativen Ertrags.

Der Ertrag aus Forschungsbeiträgen und -aufträgen beläuft sich auf 48.2 Mio. (VJ: 48.8 Mio.) nach Bestandsveränderung. Darin enthalten sind wissenschaftliche Dienstleistungen von rund 8.4 Mio. (VJ: 8.0 Mio.). Auf die übrigen Erträge entfallen die restlichen 7.7 Mio. (VJ: 7.8 Mio.).

Der operative Aufwand ist mit 172.6 Mio. um 8.8 Mio. tiefer als im Vorjahr (VJ: 181.4). Der Hauptanteil des operativen Aufwands entfällt auf den Personalaufwand mit 118.4 Mio. (VJ: 125.7 Mio.) bzw. 68.6 % des operativen Aufwands. Im Sachaufwand von 40.9 Mio. (VJ: 40.7 Mio.) ist auch der Raumaufwand für die durch die Empa genutzten Immobilien im Eigentum des Bundes (12.5 Mio.) enthalten. Das Total der Abschreibungen von 12.7 Mio. ist gegenüber dem Vorjahr erneut höher (+0.8 Mio.).

Das Finanzergebnis ist aufgrund der Wechselkurseinflüsse und der tiefen Zinsen leicht negativ.

# Bilanz

TCHF	Anhang	31.12.2021	31.12.2020	Veränderung absolut
<b>Umlaufvermögen</b>				
Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen	14	105 575	111 572	-5 997
Kurzfristige Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen	15	36 026	36 319	-292
Kurzfristige Forderungen mit zurechenbaren Gegenleistungen	15	3 151	3 121	30
Kurzfristige Finanzanlagen und Darlehen	19	46 179	40 610	5 569
Aktive Rechnungsabgrenzungen	17	1 496	1 648	-151
<b>Total Umlaufvermögen</b>		<b>192 428</b>	<b>193 270</b>	<b>-842</b>
<b>Anlagevermögen</b>				
Sachanlagen	18	67 013	61 023	5 990
Immaterielle Anlagen	18	292	284	7
Langfristige Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen	15	41 835	19 389	22 446
Langfristige Forderungen mit zurechenbaren Gegenleistungen	15	-	-	-
Langfristige Finanzanlagen und Darlehen	19	667	488	180
Kofinanzierungen	20	6 419	6 633	-215
<b>Total Anlagevermögen</b>		<b>116 225</b>	<b>87 817</b>	<b>28 408</b>
<b>Total Aktiven</b>		<b>308 653</b>	<b>281 087</b>	<b>27 566</b>

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

Die flüssigen Mittel und kurzfristigen Geldanlagen haben um 6.0 Mio. auf 105.6 Mio. abgenommen.

TCHF	Anhang	31.12.2021	31.12.2020	Veränderung absolut
<b>Fremdkapital</b>				
Laufende Verbindlichkeiten	21	3 510	7 677	-4 166
Kurzfristige Finanzverbindlichkeiten	22	-	-	-
Passive Rechnungsabgrenzungen	23	7 275	5 400	1 874
Kurzfristige Rückstellungen	24	6 686	6 036	650
<b>Kurzfristiges Fremdkapital</b>		<b>17 471</b>	<b>19 113</b>	<b>-1 642</b>
Zweckgebundene Drittmittel	26	89 925	64 185	25 740
Langfristige Finanzverbindlichkeiten	22	-	-	-
Nettovorsorgeverpflichtungen	25	38 761	69 126	-30 365
Langfristige Rückstellungen	24	4 180	4 515	-335
<b>Langfristiges Fremdkapital</b>		<b>132 866</b>	<b>137 826</b>	<b>-4 960</b>
<b>Total Fremdkapital</b>		<b>150 337</b>	<b>156 939</b>	<b>-6 602</b>
<b>Eigenkapital</b>				
Bewertungsreserven		20 293	-8 489	28 782
Schenkungen, Zuwendungen, Kofinanzierungen*	20	7 168	7 749	-582
Reserven mit interner Zweckbindung*		90 541	90 716	-174
Reserven ohne Zweckbindung*		39 949	41 436	-1 487
Bilanzüberschuss (+)/-fehlbetrag (-)		366	-7 263	7 629
<b>Total Eigenkapital</b>		<b>158 316</b>	<b>124 148</b>	<b>34 168</b>
<b>Total Passiven</b>		<b>308 653</b>	<b>281 087</b>	<b>27 566</b>

\* Die Werte 2020 stimmen nicht mit den im Finanzbericht 2020 veröffentlichten Werten überein. Sie wurden aufgrund der rückwirkenden Anpassung der Bilanzierung und Erfassung bei den in 2021 neu definierten Reservekategorien angepasst. Siehe Anhang 2 Abschnitt «Anpassung der Vorjahreswerte (Restatement)».

Die Leistungsverpflichtungen der Empa für Forschungsprojekte werden als zweckgebundene Drittmittel im langfristigen Fremdkapital aufgeführt. Diese Verpflichtungen haben sich um 25.7 Mio. erhöht und belaufen sich auf 89.9 Mio. (VJ: 64.2 Mio.). Die Durchführung der Forschungsvorhaben erfolgt üblicherweise in einem Zeitraum von 2-5 Jahren.

Die Abnahme der Nettovorsorgeverpflichtungen um 30.4 Mio. resultiert aus der Reduktion des Barwerts der Vorsorgeverpflichtungen und der Erhöhung des Vorsorgevermögens zu Marktwerten.

Die Einflüsse aus geänderten versicherungstechnischen Annahmen für die Berechnung der Vorsorgeleistungen werden

gemäss IPSAS 39 nicht über die Erfolgsrechnung, sondern direkt im Eigenkapital verbucht. Der im Eigenkapital erfasste Ertrag aus Vorsorgevermögen ist auf die höhere erwirtschaftete Anlagenrendite von 4.5 % im Vergleich zur erwarteten Rendite (entspricht dem Diskontierungszinssatz von 0.2%) zurückzuführen.

Insgesamt beträgt der im Eigenkapital erfasste Neubewertungsgewinn aufgrund IPSAS39 28.8 Mio. (VJ: 89.1 Mio.). Dies ergibt einen Bestand positiver Bewertungsreserven per 31.12.21 von 20.8 Mio. (VJ: negative Bewertungsreserven von 8.5 Mio.) In den Bewertungsreserven sind Finanzanlagen von 0.5 Mio. enthalten.



## Eigenkapitalnachweis

TCHF	Bewertungsreserven	Reserven aus assoziierten Einheiten
<b>2020</b>		
<b>Stand per 01.01.2020*</b>	<b>-97 544</b>	<b>-</b>
Direkt im Eigenkapital erfasste Positionen:		
Neubewertung Finanzanlagen	<b>-165</b>	
Neubewertung Nettovorsorgeverpflichtungen	<b>89 220</b>	
Veränderungen der Beteiligungen an assoziierten Einheiten		<b>-</b>
Total direkt im Eigenkapital erfasste Positionen	<b>89 055</b>	<b>-</b>
Jahresergebnis		
Zunahme (+)/Abnahme (-) der Reserven	<b>-</b>	<b>-</b>
Währungsdifferenzen im Eigenkapital		
<b>Total Veränderungen</b>	<b>89 055</b>	<b>-</b>
<b>Stand per 31.12.2020**</b>	<b>-8 489</b>	<b>-</b>

Schenkungen, Zuwendungen, Konfinanzierungen	Reserve Lehre und Forschung	Reserve Infrastruktur und Verwaltung	Reserven mit interner Zweckbindung	Reserven ohne Zweckbindung	Bilanzüberschuss (+)/-fehlbetrag (-)	Total Eigenkapital
<b>7 667</b>	<b>32 564</b>	<b>49 500</b>	<b>82 064</b>	<b>47 847</b>	<b>-3 560</b>	<b>36 474</b>
						<b>-165</b>
						<b>89 220</b>
					<b>-</b>	<b>-</b>
					<b>-</b>	<b>89 055</b>
					<b>-1 381</b>	<b>-1 381</b>
<b>7 667</b>	<b>6 652</b>	<b>2 000</b>	<b>8 652</b>	<b>-6 412</b>	<b>-2 322</b>	<b>-</b>
					<b>-</b>	<b>-</b>
<b>82</b>	<b>6 652</b>	<b>2 000</b>	<b>8 652</b>	<b>-6 412</b>	<b>-3 703</b>	<b>87 674</b>
<b>7 749</b>	<b>39 216</b>	<b>51 500</b>	<b>90 716</b>	<b>41 436</b>	<b>-7 263</b>	<b>124 148</b>

# Geldflussrechnung

TCHF	Anhang	2021	2020	Veränderung absolut
<b>Geldfluss aus operativer Tätigkeit</b>				
<b>Jahresergebnis</b>		<b>4 621</b>	<b>-1 381</b>	<b>6 003</b>
Abschreibungen	18, 20	12 680	11 885	794
Veränderung des Nettoumlaufvermögens		-1 113	48	-1 162
Veränderung der Nettovorsorgeverpflichtung	25	-1 583	5 235	-6 818
Veränderung der Rückstellungen	24	315	240	75
Veränderung der langfristigen Forderungen	15	-22 446	-407	-22 039
Veränderung der zweckgebundenen Drittmittel	26	25 740	2 906	22 834
Umgliederungen und sonstiger nicht liquiditätswirksamer Erfolg		-1 276	206	-1 482
<b>Geldfluss aus operativer Tätigkeit</b>		<b>16 938</b>	<b>18 732</b>	<b>-1 794</b>
<b>Geldfluss aus Investitionstätigkeit</b>				
<b>Investitionen</b>				
Zugänge von Sachanlagen	18	-17 100	-13 470	-3 631
Zugänge von immateriellen Anlagen	18	-95	-33	-62
Zugänge Darlehen	19	-64	-74	10
Zugänge kurz- und langfristige Finanzanlagen	19	-6 150	-37	-6 113
<b>Total Investitionen</b>		<b>-23 409</b>	<b>-13 614</b>	<b>-9 795</b>

TCHF	Anhang	2021	2020	Veränderung absolut
<b>Desinvestitionen</b>				
Abgänge von Sachanlagen	18	9	-	9
Abgänge von immateriellen Anlagen	18	-	-	-
Abgänge Kofinanzierung	20	-	-	-
Abgänge Darlehen	19	465	-	465
Abgänge kurz- und langfristige Finanzanlagen	19	-	-	-
<b>Total Desinvestitionen</b>		<b>474</b>	<b>-</b>	<b>474</b>
<b>Geldfluss aus Investitionstätigkeit</b>				
<b>Geldfluss aus Finanzierungstätigkeit</b>				
Aufnahme von kurzfristigen und langfristigen Finanzverbindlichkeiten	22	-	-	-
Rückzahlung von kurzfristigen und langfristigen Finanzverbindlichkeiten	22	-	-	-
<b>Geldfluss aus Finanzierungstätigkeit</b>		<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>Total Geldfluss</b>		<b>-5 997</b>	<b>5 117</b>	<b>-11 115</b>
<b>Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen Anfang Periode</b>				
<b>Total Geldfluss</b>		<b>-5 997</b>	<b>5 117</b>	
TCHF	Anhang	2021	2020	Veränderung absolut
<b>Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen Ende Periode</b>				
davon Währungsdifferenzen auf flüssigen Mitteln und kurzfristigen Geldanlagen	14	105 575	111 572	-5 997
<b>Im Geldfluss aus operativer Tätigkeit enthalten:</b>				
Erhaltene Dividenden		-	-	-
Erhaltene Zinsen		5	27	-22
Bezahlte Zinsen		-	-	-

# Anhang der Jahresrechnung

## 1 Geschäftstätigkeit

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

## 2 Grundlagen der Rechnungslegung

Bei diesem Abschluss handelt es sich um einen Einzelabschluss mit der Berichtsperiode vom 1. Januar 2021 bis 31. Dezember 2021. Bilanzstichtag ist der 31. Dezember 2021. Die Berichterstattung erfolgt in Schweizer Franken (CHF). Alle Zahlen werden, sofern nicht anders aufgeführt, in Tausend Franken (TCHF) dargestellt.

### Rechtsgrundlagen

Die Rechnungslegung des ETH-Bereichs stützt sich auf folgende Rechtsgrundlagen (inkl. Weisungen und Reglemente) in der im Abschlussjahr gültigen Fassung:

- Bundesgesetz über die Eidgenössischen Technischen Hochschulen vom 04.10.1991 (ETH-Gesetz; SR 414.110)
- Verordnung über den Bereich der Eidgenössischen Technischen Hochschulen vom 19.11.2003 (Verordnung ETH-Bereich; SR 414.110.3)
- Verordnung über das Finanz- und Rechnungswesen des ETH-Bereichs vom 05.12.2014 (SR 414.123)
- Rechnungslegungshandbuch für den ETH-Bereich (Version 6.6)

### Rechnungslegungsstandard

Die Jahresrechnung der Empa wurde in Übereinstimmung mit den International Public Sector Accounting Standards (IPSAS) erstellt. Die zugrundeliegenden Rechnungslegungsvorschriften sind in der Weisung Rechnungslegungshandbuch für den ETH-Bereich festgelegt (Art. 34 Weisungen, Verordnung über das Finanz- und Rechnungswesen des ETH-Bereichs, SR 414.123).

Im Berichtsjahr wurden keine neuen Standards angewendet.

### Veröffentlichte, aber noch nicht angewendete IPSAS

Bis zum Bilanzstichtag wurden nachfolgende IPSAS veröffentlicht.

Standard	Titel	Inkraftsetzung
Diverse	Änderungen an den IPSAS, 2019	01.01.2023
IPSAS 41	Finanzinstrumente (ersetzt IPSAS 29)	01.01.2023
IPSAS 42	Sozialleistungen	01.01.2023

Die vorgängig aufgeführten Standards und Änderungen an den IPSAS werden in der vorliegenden Jahresrechnung nicht frühzeitig angewendet. Die Empa analysiert die Auswirkungen auf ihre Berichterstattung systematisch. Zum heutigen Zeitpunkt werden keine wesentlichen Auswirkungen auf die Jahresrechnung erwartet.

IPSAS 41 führt Änderungen in der Bewertung, Klassifizierung und Wertberichtigung von Finanzinstrumenten ein. Die Empa erwartet keine wesentlichen Auswirkungen aus der Umgliederung sowie Anwendung der neuen Bewertungsregeln. Aufgrund der Einführung des neuen Wertminderungsmodells nach IPSAS 41 ist ein leichter Anstieg der Wertberichtigungen auf Forderungen absehbar. Die Empa plant eine vorzeitige Umsetzung per 1. Januar 2022 (ohne Anpassung der Vorjahresangaben). Es gibt keine weiteren Änderungen oder Interpretationen, die noch nicht verpflichtend anzuwenden sind und die eine wesentliche Auswirkung auf die Empa hätten.

### Anpassung der Vorjahreswerte (Restatement)

Im Berichtsjahr wurde eine Anpassung der Struktur und Bilanzierung des Eigenkapitals vorgenommen, um den Unterschied zwischen extern zweckbestimmten Reserven und intern zweckgebundenen Reserven zu verdeutlichen. Mit diesen Anpassungen wird auf die Bedürfnisse des Eigners eingegangen. Die Mittel in der Kategorie «Schenkungen, Zuwendungen und Kofinanzierungen» sind insbesondere extern zweckbestimmt. Die erhaltenen Mittel werden gemäss den Vorgaben der Zuwendungsgeber eingesetzt.

Die im Berichtsjahr angepasste Ausgestaltung der Reservekategorien trägt dieser Besonderheit Rechnung. Die geänderten Vorgaben zur Bilanzierung und Erfassung führten zu einer rückwirkenden Anpassung der Werte per 01.01.2020 und 31.12.2020. Es handelt sich ausschliesslich um Umgliederungen zwischen den verschiedenen Positionen im Eigenkapital.

TCHF	31.12.2019/1.01.2020 (veröffentlicht)	Anpassung aufgrund von Änderung der Grundsätze der Rechnungslegung	01.01.2020 (angepasst)
<b>Eigenkapital</b>			
Bewertungsreserven	-97 544	-	-97 544
Reserven aus assoziierten Einheiten	-	-	-
Schenkungen und Legate	820	-820	-
Reserve Lehre und Forschung	32 564	-32 564	-
Reserve Infrastruktur und Verwaltung	-	-	-
Freie Reserven	97 347	-97 347	-
Kofinanzierungen	6 848	-6 848	-
Schenkungen, Zuwendungen, Kofinanzierungen*	-	7 667	7 667
Intern zweckgebundene Reserven für Lehre und Forschung**	-	32 564	32 564
Intern zweckgeb. Reserven Infrastruktur und Verwaltung**	-	49 500	49 500
Reserven ohne Zweckbindung***	-	47 847	47 847
Bilanzüberschuss (+)/-fehlbetrag (-)	-3 560	-	-3 560
<b>Total Eigenkapital</b>	<b>36 474</b>	<b>-</b>	<b>36 474</b>

\* Setzt sich zusammen aus den Schenkungen und Legate, der Kofinanzierungen und einzelner Posten aus den Reserven Lehre und Forschung sowie Infrastruktur und Verwaltung und den freien Reserven.

\*\* Entspricht den ehemaligen Positionen Reserve Lehre und Forschung sowie Infrastruktur und Verwaltung abzüglich der umgelierten Posten in die Schenkungen/Zuwendungen/Kofinanzierungen, zuzüglich der umgelierten Posten aus den freien Reserven

\*\*\* Entspricht den ehemals freien Reserven abzüglich die umgelierten Posten in die anderen Kategorien

### 3 Grundsätze der Bilanzierung und Bewertung

Die Bilanzierungs- und Bewertungsgrundsätze leiten sich aus den Grundlagen der Rechnungslegung ab. Die Jahresrechnung vermittelt ein den tatsächlichen Verhältnissen entsprechendes Bild der Vermögens-, Finanz- und Ertragslage der Empa («True and Fair View»).

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

#### Währungsumrechnung

Transaktionen in einer von der funktionalen Währung abweichenden Fremdwährung werden mit dem zum Transaktionszeitpunkt gültigen Kurs umgerechnet.

Am Bilanzstichtag werden monetäre Positionen in Fremdwährungen zum Stichtagskurs und nicht monetäre Positionen mit dem Kurs vom Tag der Transaktion umgerechnet. Daraus resultierende Währungsumrechnungsdifferenzen werden im Finanzertrag bzw. -aufwand erfasst.

Aktiven und Passiven von beherrschten Einheiten mit einer abweichenden funktionalen Währung werden zum Stichtagskurs, Erfolgsrechnung und Geldflussrechnung zum Durchschnittskurs umgerechnet. Umrechnungsdifferenzen aus der Umrechnung der Nettovermögenswerte und Erfolgsrechnungen werden im Eigenkapital erfasst.

Die wichtigsten Währungen und deren Umrechnungskurse sind:

#### Fremdwährungskurse

Währung	Einheit	Stichtagskurs per		Durchschnittskurs	
		31.12.2021	31.12.2020	2021	2020
EUR	1	1.0359	1.0817	1.0810	1.0705
USD	1	0.9107	0.8840	0.9143	0.9381
GBP	1	1.2332	1.2097	1.2575	1.2039
JPY	1 000	7.9230	8.5680	8.3260	8.7890
SGD	1	0.6764	0.6698	0.6803	0.6802

#### Erfassung von Erträgen

Jeder Mittelzufluss einer Einheit wird dahingehend beurteilt, ob es sich um eine Transaktion mit zurechenbarer Gegenleistung (IPSAS 9) oder um eine Transaktion ohne zurechenbare Gegen-

leistung (IPSAS 23) handelt. Liegt eine zurechenbare Gegenleistung (IPSAS 9) vor, wird der Ertrag grundsätzlich zum Zeitpunkt der Lieferung und Leistung verbucht. Bei Projektverträgen wird die noch nicht erbrachte Leistungsverpflichtung dem Fremdkapital zugeordnet. Der Ertrag wird aufgrund des Projektfortschritts, gestützt auf die in der Berichtsperiode angefallenen Kosten, abgerechnet und ausgewiesen.

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

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

Die Erträge werden wie folgt strukturiert:

#### Trägerfinanzierung

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

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

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

#### Studiengebühren, Weiterbildung

Erträge aus Studiengebühren, Kostenbeiträgen für Weiter- und Fortbildung sowie aus Verwaltungsgebühren werden als Transaktionen mit zurechenbarer Gegenleistung (IPSAS 9) qualifiziert. Grundsätzlich werden die Erträge zum Zeitpunkt der Lieferung oder Leistungserbringung verbucht und abgegrenzt.

#### Forschungsbeiträge, -aufträge und wissenschaftliche Dienstleistungen

Der Empa fliessen von verschiedenen Geldgebern projektbezogene Beiträge zu, mit dem Ziel, die Lehre und Forschung zu fördern. Bei Projektfinanzierungen handelt es sich überwiegend um mehrjährige Vorhaben. Je nach Charaktereigenschaft der Beiträge werden diese als Transaktion mit oder ohne zurechenbare Gegenleistung klassifiziert.

#### Schenkungen und Legate

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

Zu den Schenkungen gehören auch die In-kind-Leistungen, die wie folgt unterschieden werden:

- *Naturlieferungen* (Goods In-kind) werden zum Zeitpunkt der Vertragsunterzeichnung erfasst und gemäss den geltenden Vorschriften aktiviert.
- *Erhaltene Nutzungsrechte von Vermögenswerten* (Donated Rights) im Sinne eines operativen Leasings werden als Aufwand und Ertrag verbucht. Die erhaltenen Nutzungsrechte im Sinne eines Finanzierungsleasings werden bei Vertragsabschluss zum Verkehrswert (Fair Value) bewertet, sofern bekannt, und über die Nutzungsdauer abgeschrieben. Wenn eine Leistungsverpflichtung vorliegt, wird diese passiviert und der Ertrag jährlich gemäss den erhaltenen Leistungen realisiert. Liegt keine Leistungsverpflichtung vor, wird der Ertrag bei Aktivierung des Anlageguts im Ganzen realisiert.
- *Erhaltene Sach- und Dienstleistungen* (Services In-kind) werden nicht verbucht, sondern – falls wesentlich – im Anhang ausgewiesen und kommentiert.

Aufgrund der hohen Anzahl und der Schwierigkeit der Erhebung, der Separierbarkeit und der Bewertung wird von einer Erfassung von Nutzungsrechten sowie Sach- und Dienstleistungen im Rahmen von Forschungsverträgen abgesehen. Es erfolgt lediglich eine allgemeine Beschreibung der Forschungsaktivität im Anhang.

#### Übrige Erträge

Als übrige Erträge gelten unter anderem übrige Dienstleistungserträge und Liegenschaftserträge. Diese Erträge werden als Transaktionen mit zurechenbarer Gegenleistung (IPSAS 9) klassifiziert. Grundsätzlich werden die Erträge zum Zeitpunkt der Lieferung oder Leistungserbringung verbucht und abgegrenzt.

#### Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen

Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen umfassen Kassenbestände, Sichtguthaben und Terminanlagen bei Finanzinstituten sowie Gelder, die beim Bund angelegt sind, wenn die Gesamtlaufrzeit oder Restlaufzeit beim Erwerbszeitpunkt unter 90 Tagen liegt. Die Bewertung der flüssigen Mittel und kurzfristigen Geldanlagen erfolgt zum Nominalwert.

#### Forderungen

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

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

Langfristige Forderungen über 10.0 Mio. CHF werden zu fortgeführten Anschaffungskosten unter Verwendung der Effektivzinsmethode bilanziert. Kurzfristige Forderungen werden zu Anschaffungskosten bilanziert. Auf Forderungen werden, basierend auf Erfahrungswerten und Einzelfallbeurteilungen, Wertberichtigungen vorgenommen.

## Sachanlagen

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

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

<sup>1</sup> Bei Sachanlagen mit einem Gesamtwert ab 1 Mio. CHF wird geprüft, ob Bestandteile (mit einem im Verhältnis zum Gesamtwert bedeutenden Wert) aufgrund einer anderen Lebensdauer separat aktiviert und beschrieben werden müssen (Komponentenansatz).

<sup>2</sup> Die Nutzungsdauer ist abhängig von der Gebäudeart, dem Verwendungszweck und der Bausubstanz (20–100 Jahre). Anlagen im Bau werden nicht beschrieben.

<sup>3</sup> In Ausnahmefällen kann in Absprache mit dem CC IPSAS davon abgewichen werden.

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

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

Investitionen, die einen mehrjährigen zukünftigen wirtschaftlichen oder öffentlichen Nutzen generieren sowie deren Wert verlässlich bestimmbar ist, werden aktiviert und über die geschätzte wirtschaftliche Nutzungsdauer abgeschrieben.

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

Mobile Kulturgüter und Kunstgegenstände werden nicht aktiviert. Es wird ein Sachinventar über diese Gegenstände geführt.

## Immaterielle Anlagen

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

## Wertminderungen (Sachanlagen und immaterielle Anlagen)

Bei den Sachanlagen und den immateriellen Anlagen wird jährlich überprüft, ob Anzeichen einer Wertminderung vorliegen. Liegen konkrete Anzeichen vor, wird eine Werthaltigkeitsprüfung durchgeführt. Übersteigt der Buchwert dauerhaft den Nutzungswert oder den Nettoveräußerungserlös, wird eine Wertminderung in Höhe der Differenz erfolgswirksam erfasst. Besteht der Hauptzweck einer Anlage in der Erzielung einer wirtschaftlichen Rendite, erfolgt die Wertberichtigungsrechnung anhand IPSAS 26 (Wertminderung zahlungsmittelgene-

rierender Vermögenswerte). Für alle anderen Anlagen wird eine allfällige Wertminderung gemäss den Vorgaben von IPSAS 21 (Wertminderung nicht zahlungsmittelgenerierender Vermögenswerte) berechnet. Hauptkriterien zur Beurteilung sind die ursprünglichen Motive der jeweiligen Investitionen und die Wesentlichkeit der geplanten Geldrückflüsse.

## Leasing

Leasingverträge für Liegenschaften, Einrichtungen, übrige Sachanlagen und Fahrzeuge, bei denen die Empa im Wesentlichen alle mit dem Eigentum verbundenen Risiken und Chancen übernimmt, werden als Finanzierungsleasing behandelt. Zu Beginn des Leasingvertrags werden das Aktivum und die Verbindlichkeit aus einem Finanzierungsleasing zum Verkehrswert des Leasingobjekts oder zum tieferen Barwert der Mindestleasingzahlungen erfasst. Jede Leasingzahlung wird in Amortisation und Zinsaufwand aufgeteilt. Der Amortisationsanteil wird von der kapitalisierten Leasingverbindlichkeit in Abzug gebracht. Die Abschreibung des Leasingguts erfolgt über die wirtschaftliche Nutzungsdauer oder, falls der Eigentumsübergang zum Ende der Leasingdauer nicht sicher ist, über die kürzere Vertragsdauer.

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

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

## Finanzanlagen und Darlehen

Finanzanlagen werden zum Verkehrswert erfasst, wenn sie mit der Absicht erworben werden, kurzfristige Gewinne durch die gezielte Ausnutzung von Marktpreisfluktuationen zu erzielen, oder wenn sie als Finanzanlagen, bewertet zum Marktwert, designiert werden (z. B. Beteiligungen ohne massgeblichen Einfluss). Wertänderungen werden erfolgswirksam erfasst.

Die übrigen langfristigen Finanzanlagen, die auf unbestimmte Zeit gehalten werden und jederzeit aus Liquiditätsgründen oder als Reaktion auf veränderte Marktbedingungen verkauft werden können, werden als «zur Veräußerung ver-

fugbar» klassifiziert und zum Verkehrswert oder zum Anschaffungswert bilanziert, wenn der Verkehrswert nicht verlässlich bestimmbar ist. Nicht realisierte Gewinne und Verluste werden erfolgsneutral im Eigenkapital erfasst und erst zum Zeitpunkt der Veräusserung der Finanzanlage oder des Eintretens einer Wertminderung (Impairment) erfolgswirksam umgebucht. Unter der Position «zur Veräusserung verfügbar» werden beispielsweise die Beteiligungen bilanziert, die nicht beherrscht oder massgeblich beeinflusst werden.

Gewährte Darlehen und Festgelder werden entweder zu fortgeführten Anschaffungskosten bilanziert (Nominalwert unter 10.0 Mio.) sowie kurzfristige Darlehen und Festgelder über 10.0 Mio.) oder zu fortgeführten Anschaffungskosten unter Verwendung der Effektivzinsmethode (langfristige Darlehen und Festgelder über 10.0 Mio.). Die Effektivzinsmethode verteilt die Differenz zwischen Anschaffungs- und Rückzahlungswert (Agió/Disagio) anhand der Barwertmethode über die Laufzeit der entsprechenden Anlage. Wertberichtigungen werden basierend auf Einzelfallbeurteilungen vorgenommen.

Derivative Finanzinstrumente werden primär zu Absicherungszwecken oder als strategische Position eingesetzt. Die Bewertung erfolgt ausnahmslos zu Verkehrswerten. Wertanpassungen werden in der Regel erfolgswirksam erfasst.

#### **Als Finanzinvestition gehaltene Immobilien**

Als Finanzinvestition gehaltene Immobilien werden nur separat ausgewiesen, wenn sie wesentlich sind. Ansonsten werden sie bei den Sachanlagen bilanziert und offengelegt.

#### **Kofinanzierungen**

Bei Kofinanzierungen handelt es sich um vom von der Empa akquirierte Drittmittel, mit denen Bauvorhaben in bundeseigenen Immobilien finanziert werden.

Die Bewertung von Kofinanzierungen richtet sich nach der Bewertung der ihnen zugrundeliegenden Immobilien, die der Bund zu Anschaffungs- oder Herstellungskosten abzüglich kumulierter Abschreibungen bilanziert. Der Wert der Kofinanzierungen reduziert sich aufgrund der laufenden Abschreibungen im gleichen Verhältnis wie die zugrundeliegenden Immobilien.

Die Kofinanzierungen werden sowohl in den Aktiven als auch in den Passiven (Eigenkapital) der Bilanz mit gleichen Werten ausgewiesen.

#### **Laufende Verbindlichkeiten**

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

#### **Finanzverbindlichkeiten**

Die Finanzverbindlichkeiten enthalten monetäre Verbindlichkeiten, die aus Finanzierungstätigkeiten entstehen, und negative Wiederbeschaffungswerte aus derivativen Finanzinstrumenten. Die monetären Verbindlichkeiten sind in der Regel verzinslich. Verbindlichkeiten, die innerhalb von zwölf Monaten nach dem Bilanzstichtag zur Rückzahlung fällig werden, sind kurzfristig. Die Bewertung erfolgt grundsätzlich zu fortgeführten Anschaffungskosten. Derivative Finanzinstrumente werden zum Verkehrswert bewertet.

#### **Rückstellungen**

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

#### **Nettovorsorgeverpflichtungen**

Die in der Bilanz ausgewiesenen Nettovorsorgeverpflichtungen werden gemäss den Methoden von IPSAS 39 bewertet. Sie entsprechen dem Barwert der leistungsorientierten Vorsorgeverpflichtungen (Defined Benefit Obligation, DBO) abzüglich des Vorsorgevermögens zu Marktwerten. Die Beschreibung des Vorsorgewerks und der Versicherten des ETH-Bereichs findet sich in Anhang 25 Nettovorsorgeverpflichtungen.

Die Vorsorgeverpflichtungen und der Dienstzeitaufwand werden jährlich durch externe Experten nach der versicherungsmathematischen Bewertungsmethode der laufenden Einmalprämien (Projected-Unit-Credit-Methode) ermittelt. Basis für

die Berechnung sind Angaben zu den Versicherten (Lohn, Altersguthaben etc.) unter Verwendung demografischer (Pensionierung, Invalidisierung, Todesfall etc.) und finanzieller (Lohn- oder Rentenentwicklung, Verzinsung etc.) Parameter. Die berechneten Werte werden unter Verwendung eines Diskontierungszinssatzes auf den Bewertungsstichtag abgezinst. Änderungen in der Einschätzung der ökonomischen Rahmenbedingungen können wesentliche Auswirkungen auf die Vorsorgeverpflichtungen haben.

Die Vorsorgeverpflichtungen wurden basierend auf dem aktuellen Versichertenbestand des Vorsorgewerks ETH-Bereich per 31. Oktober 2021 und anhand der versicherungsmathematischen Annahmen per 31. Dezember 2021 (z. B. BVG 2020) sowie der Vorsorgepläne des Vorsorgewerks ETH-Bereich ermittelt. Die Resultate wurden unter Anwendung von pro rata geschätzten Cashflows per 31. Dezember 2021 fortgeschrieben. Die Marktwerte des Vorsorgevermögens wurden unter Einbezug der geschätzten Performance per 31. Dezember 2021 eingesetzt.

In der Erfolgsrechnung werden der laufende Dienstzeitaufwand, der nachzuerrechnende Dienstzeitaufwand aus Planänderungen, Gewinne und Verluste aus Planabgeltungen, die Verwaltungskosten sowie die Verzinsung der Nettovorsorgeverpflichtungen im Personalaufwand dargestellt.

Planänderungen und -abgeltungen werden, soweit sie zu wohlerworbenen Rechten geführt haben, unmittelbar in derjenigen Periode erfolgswirksam erfasst, in der sie entstehen.

Versicherungsmathematische und anlageseitige Gewinne und Verluste aus leistungsorientierten Plänen werden in der Berichtsperiode, in der sie anfallen, direkt im Eigenkapital erfasst.

Die Berücksichtigung von Risk Sharing in der Bewertung der Vorsorgeverpflichtung erfolgt in zwei Schritten und bedingt die Festlegung zusätzlicher Annahmen. Wie bei den übrigen finanziellen und demografischen Annahmen handelt es sich hierbei um Annahmen, die aus Arbeitgeberperspektive getroffen werden. In einem ersten Schritt wird unterstellt, dass die Kassenkommission des Vorsorgewerks auch weiterhin Massnahmen ergreifen wird, um das Vorsorgewerk im finanziellen Gleichgewicht zu halten und der systematischen Umver-

teilung zwischen Aktiven und Rentnern entgegenzuwirken. Dabei wird als wahrscheinlichste risikomindernde Massnahme angenommen, dass der Umwandlungssatz auf ein versicherungstechnisch korrektes Niveau gesenkt wird. Unter Annahme eines technischen Zinssatzes von 1.3 Prozent bei Verwendung von Periodentafeln ergibt sich eine Umwandlungssatzsenkung auf 4.7 Prozent. Auch nach Annahme der zukünftigen Leistungskürzung (infolge des tieferen Umwandlungssatzes begleitet von erfahrungsbasierten Kompensationsmassnahmen) bleibt eine strukturelle Finanzierungslücke, die in einem zweiten Schritt rechnerisch auf Arbeitgeber und Arbeitnehmer aufgeteilt wird. Hierbei wird angenommen, dass der Arbeitgeberanteil an der Finanzierungslücke auf 64.0 Prozent gemäss der aktuellen Staffelung der reglementarischen Sparbeiträge begrenzt ist. Der Arbeitnehmeranteil wird anhand der vergangenen und erwarteten zukünftigen Dienstjahre pauschal in einen erworbenen und noch zu erwerbenden Anteil aufgeteilt. Der schon erworbene Teil reduziert den Barwert der Vorsorgeverpflichtung des Arbeitgebers, während der noch zu erwerbende Teil den zukünftigen Dienstzeitaufwand des Arbeitgebers vermindert.

Effekte aus Planänderungen, die Annahmen des Risk Sharing betreffen, werden seit der Einführung von Risk Sharing nicht mehr in der Erfolgsrechnung, sondern als Bestandteil der Neubewertung der Verpflichtung direkt im Eigenkapital erfasst.

#### **Zweckgebundene Drittmittel**

Die Verbindlichkeiten aus zweckgebundenen Projekten, die aus Transaktionen ohne zurechenbare Gegenleistung (IPSAS 23) entstehen, werden in der Bilanz als zweckgebundene Drittmittel ausgewiesen. Die Zuordnung erfolgt ausschliesslich im langfristigen Fremdkapital, weil es sich in der Regel um mehrjährige Projekte handelt und der kurzfristige Anteil der Verpflichtung aufgrund der Natur der Projekte mehrheitlich nicht bestimmt werden kann.

Die Bewertung erfolgt basierend auf den offenen Leistungsverpflichtungen zum Bilanzstichtag. Diese berechnen sich aus der vertraglich vereinbarten Projektsomme abzüglich der bis zum Bilanzstichtag erbrachten Leistungen.

## Eigenkapital

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

*Bewertungsreserven* (erfolgsneutrale Verbuchungen):

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

*Schenkungen, Zuwendungen und Kofinanzierungen*:

Unter dieser Position werden noch nicht verwendete Drittmittel aus Schenkungen und Legaten sowie aus weiteren Zuwendungen ausgewiesen, die mit Auflagen verbunden sind, jedoch nicht als Fremdkapital zu qualifizieren sind. Es handelt sich ausschliesslich um Mittel aus Transaktionen ohne zurechenbare Gegenleistung (IPSAS 23). Die aus der Bewirtschaftung der Drittmittel generierten Ergebnisse und die Reserven für Wertschwankungen des Wertschriftenportfolios (Risikokapital) werden ebenfalls dieser Kategorie zugeordnet. Weitere Informationen zu den Kofinanzierungen sind im Abschnitt «Kofinanzierungen» zu finden.

*Reserve mit interner Zweckbindung*

- *Reserve Lehre und Forschung (Wahl-/Berufungsversprechen, Lehr- und Forschungsprojekte)*: Diese Position zeigt auf, dass verschiedene interne Zusprachen bestehen und entsprechende Reserven zu deren Deckung zwingend gebildet werden.

*Reserve Infrastruktur und Verwaltung*:

- Darunter fallen Reserven für verzögerte Bauprojekte und für dezidierte Ansparungen für konkrete Infrastrukturprojekte und Verwaltungsprojekte.

*Reserve ohne Zweckbindung*

Als Reserven ohne Zweckbindung werden nicht verwendete Mittel ausgewiesen, für die gemäss IPSAS keine vertraglichen oder internen Auflagen bestehen. Eine zeitlich bezogene oder zielorientierte Zweckgebundenheit besteht nicht.

Reserven müssen erwirtschaftet worden sein. Bildung und Auflösung erfolgen innerhalb des Eigenkapitals.

*Bilanzüberschuss/-fehlbetrag*

Die Position Bilanzüberschuss/-fehlbetrag zeigt den Stand der kumulierten Ergebnisse am Bilanzstichtag. Er besteht aus dem Ergebnisvortrag, dem Jahresergebnis, den Zunahmen bzw. Abnahmen (Umbuchungen im Berichtsjahr) der Schenkungen, Zuwendungen, Kofinanzierungen sowie der Reserven aus assoziierten Einheiten und den Zuweisungen zu bzw. Entnahmen aus den Reserven (Ergebnisverwendung).

Der Ergebnisvortrag verändert sich jährlich im Rahmen der Ergebnisverwendung. Das Jahresergebnis enthält den noch nicht verteilten Teil des Ergebnisses. Falls im Rahmen der Konsolidierung Währungsumrechnungsdifferenzen von ausländischen, vollkonsolidierten Beteiligungen entstehen, werden sie erfolgsneutral im Eigenkapital gebucht.

## Eventualverbindlichkeiten und Eventualforderungen

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

Eine Eventualforderung ist eine mögliche Vermögensposition, die aus einem vergangenen Ereignis resultiert und deren Existenz erst durch ein zukünftiges Ereignis bestätigt werden muss. Der Eintritt dieses Ereignisses kann nicht beeinflusst werden.

## Finanzielle Zusagen

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

## Geldflussrechnung

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

## 4 Schätzungsunsicherheiten und Managementbeurteilungen

### Schätzungsunsicherheiten hinsichtlich der Anwendung von Bilanzierungs- und Bewertungsmethoden

Die Erstellung der Jahresrechnung ist von Annahmen und Schätzungen im Zusammenhang mit den Rechnungslegungsgrundsätzen abhängig, bei denen das Management einen gewissen Ermessensspielraum hat. Obwohl die Schätzwerte nach bestem Wissen der Leitungsorgane ermittelt werden, können die tatsächlichen Ergebnisse von ihnen abweichen.

Dies gilt insbesondere für folgende Sachverhalte:

### Nutzungsdauer und Impairment von Sachanlagen

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

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

### Rückstellungen sowie Eventualforderungen und –verbindlichkeiten

Rückstellungen sowie Eventualforderungen und –verbindlichkeiten beinhalten einen hohen Grad an Schätzungen über die Wahrscheinlichkeit und das Ausmass des Mittelzu- oder abflusses. Infolgedessen können sie je nach Abschluss des Sachverhalts zu einem höheren oder tieferen Mittelabfluss führen.

### Nettovorsorgeverpflichtungen

Die Berechnung der Nettovorsorgeverpflichtungen basiert auf langfristigen versicherungsmathematischen Annahmen für die Vorsorgeverpflichtung und für die erwartete Rendite auf das Vermögen der Vorsorgepläne. Diese Annahmen können von der effektiven zukünftigen Entwicklung abweichen. Die Bestimmung des Diskontierungszinssatzes und der zukünftigen Lohn- und Rentenentwicklungen wie auch die demografische Entwicklung (zukünftige Lebenserwartung, Invalidität, Austrittswahrscheinlichkeit) sowie Annahmen bezüglich der Risikoaufteilung zwischen Arbeitgeber und Arbeitnehmer (Risk Sharing) sind wesentlicher Bestandteil der versicherungsmathematischen Bewertung.

### Managementbeurteilungen hinsichtlich der Anwendung von Bilanzierungs- und Bewertungsmethoden

Auf Antrag der Empa hat der ETH-Rat anlässlich der Sitzung vom 7./8. Dezember 2016 einer langfristigen Mietverpflichtung für den Standort Thun zugestimmt. Das Management hat sich damit entschieden, den Standort Thun langfristig aufrecht zu erhalten und die Aktivitäten in Thun fortzuführen. Die vertragliche Zusicherung den Standort Thun bis Ende 2030 im Umfang von 2016 zu betreiben, ist deshalb aus Sicht des Managements gesichert. Aus diesem Grund wird darauf verzichtet, eine entsprechende Leistungsverpflichtung für den bisherigen Geschäftsbetrieb zu bilden.

## 5 Trägerfinanzierung

### Finanzierungsbeitrag des Bundes

TCHF	2021	2020	Veränderung absolut
Finanzierungsbeitrag des Bundes	108 406	109 200	-794

Die verfügbaren Mittel des bewilligten Zahlungsrahmens der Empa für die Jahre 2021-2024 werden über die beiden Kredite Finanzierungsbeitrag des Bundes und Investitionskredit Bauten ETH-Bereich abgewickelt.

Der Finanzierungsbeitrag des Bundes wurde zur Erreichung der Ziele gemäss ETH-Gesetz (SR 414.110) und des Leistungsauftrags 2021-2024 verwendet und floss in die Jahresrechnung der Empa, im Unterschied zum Investitionskredit Bauten.

Mit dem zugesprochenen Finanzierungsbeitrag deckt die

Empa die Kosten für die Forschung und Lehre, den Wissens- und Technologietransfer wie auch den Anteil an nutzerspezifischen Bauten, d. h. primär an der Forschung orientierten, Einrichtungen und Unterhalt für die von der Empa genutzten Immobilien im Eigentum des Bundes.

Im Finanzierungsbeitrag des Bundes sind 4.5 Mio. zur Finanzierung von SFA Projekten wie Advanced Manufacturing und 3.1 Mio. für das Kooperationsprojekt Synthetic Fuels from Renewable Resources enthalten.

### Unterbringungsbeitrag des Bundes

TCHF	2021	2020	Veränderung absolut
Beitrag an Unterbringung	12 478	13 459	-981

Der Unterbringungsbeitrag repräsentiert den Mietaufwand für die Liegenschaften im Eigentum Bund, die von der Empa genutzt werden. Die Berechnung erfolgt auf Basis der kalkulatorischen Abschreibungen und der Kapitalkosten der Immobilien. Aus Transparenzgründen wird der Unterbringungsbeitrag nicht ausgabenwirksam und erfolgsneutral sowohl in den Erträgen als auch im Aufwand abgebildet.

Der kalkulatorische Satz für die Verzinsung des durchschnittlich eingesetzten Kapitals betrug 1.25 % (2020: 1.5 %).

## 6 Weiterbildung

TCHF	2021	2020	Veränderung absolut
Studiengebühren, Weiterbildung	55	27	28

## 7 Forschungsbeiträge, -aufträge und wissenschaftliche Dienstleistungen

TCHF	2021	davon Erträge (IPSAS 23)	davon Erträge (IPSAS 9)	2020	davon Erträge (IPSAS 23)	davon Erträge (IPSAS 9)	Veränderung absolut
Schweizerischer Nationalfonds (SNF)	7 880	7 880	-	8 750	8 750	-	-869
Schweizerische Agentur für Innovationsförderung (Innosuisse)	10 436	10 436	-	9 757	9 757	-	678
Forschung Bund (Ressortforschung)	6 317	3 733	2 584	7 198	3 911	3 287	-881
EU-Forschungsrahmenprogramme (EU-FRP)	6 349	6 349	-	5 972	5 972	-	377
Wirtschaftsorientierte Forschung (Privatwirtschaft)	13 456	994	12 461	12 813	741	12 072	642
Übrige projektorientierte Drittmittel (inkl. Kantone, Gemeinden, internationale Organisationen)	3 768	3 523	244	4 271	3 895	376	-503
<b>Total Forschungsbeiträge, -aufträge und wissenschaftliche Dienstleistungen</b>	<b>48 205</b>	<b>32 915</b>	<b>15 290</b>	<b>48 761</b>	<b>33 027</b>	<b>15 734</b>	<b>-556</b>

### EU-Forschungsrahmenprogramme (EU-FRP)

davon vom SBFI finanziert	65	65	-	453	453	-	-388
---------------------------	----	----	---	-----	-----	---	------

Gemäss dem Rechnungslegungsstandard IPSAS werden die Erträge je nach Art der Verträge entweder unter IPSAS 23 (z. B. Forschungsbeiträge mit Subventionscharakter) oder als IPSAS 9 (z. B. wissenschaftliche Dienstleistungen) dargestellt.

Die Ertragsrealisierung erfolgt aufgrund der erbrachten Leistung, die auf Basis der aufgelaufenen Kosten ermittelt wird und kann daher sehr stark variieren. Die noch zu erbringende Leistungsverpflichtung für alle IPSAS 23-Projekte werden zweckgebunden im langfristigen Fremdkapital ausgewiesen.

Die Erträge aus Forschungsbeiträgen und wissenschaftlichen Dienstleistungen sind mit 48.2 Mio. nur geringfügig tiefer als im Vorjahr (-0.6 Mio.).

In der wirtschaftsorientierten Forschung sind u. a. die wissenschaftlichen Dienstleistungen mit 8.4 Mio. (VJ: 8.0 Mio.) und die Cash-Beiträge der Industrie für Innosuisse-Projekte in der Höhe von 0.5 Mio. (VJ: 0.5 Mio.) enthalten.

Die Covid-19-Einflüsse sind im Dienstleistungsbereich zurückgegangen. Nach wie vor konnten weniger Veranstaltungen vor Ort, in der Empa-Akademie, durchgeführt werden.

## 8 Schenkungen und Legate

TCHF	2021	2020	Veränderung absolut
<b>Schenkungen und Legate</b>	<b>426</b>	<b>810</b>	<b>-384</b>

Die Empa hat 2021 Schenkungen in der Höhe von 0.4 Mio. erhalten.

### **In-kind Leistungen**

In 2021 hat die Empa keine wesentlichen In-kind Leistungen erhalten.

## 9 Übrige Erträge

TCHF	2021	2020	Veränderung absolut
Lizenzen und Patente	273	437	-164
Verkäufe	42	70	-28
Rückerstattungen	375	316	59
Übrige Dienstleistungen	863	576	287
Liegenschaftsertrag	1 670	1 469	202
Erträge aus Nutzungsüberlassung Immobilien Bund	35	117	-81
Gewinne aus Veräusserungen (Sachanlagen)	13	40	-27
Übriger verschiedener Ertrag	4 397	4 736	-339
<b>Total Übrige Erträge</b>	<b>7 669</b>	<b>7 760</b>	<b>-91</b>

Im Vergleich zum Vorjahr haben die Lizenzeinnahmen um 0.2 Mio. abgenommen. Die Lizenzeinnahmen stehen in Abhängigkeit zum erzielten Umsatz und können daher sehr stark schwanken.

Der Liegenschaftsertrag und die Erträge aus Nutzungsüberlassungen Immobilien Bund umfassen die Erträge aus der Vermietung von Geschäftsräumen (0.4 Mio.), dem Guesthouse (1.1 Mio.) und von Parkplätzen (0.2 Mio.).

Die übrigen Erträge umfassen im Berichtsjahr vor allem die Intercompany-Verrechnungen im ETH-Bereich.

## 10 Personalaufwand

TCHF	2021	2020	Veränderung absolut
Professorinnen und Professoren	–	–	–
Wissenschaftliches Personal	55 655	56 977	–1 322
Technisch-administratives Personal, Lernende, Praktikantinnen und Praktikanten	41 878	41 436	442
EO, Suva und sonstige Rückerstattungen	–355	–411	56
<b>Total Personalbezüge</b>	<b>97 177</b>	<b>98 001</b>	<b>–824</b>
Sozialversicherung AHV/ALV/IV/EO/MuV	6 203	6 228	–25
Nettovorsorgeaufwand	10 744	17 709	–6 965
Unfall- und Krankenversicherung Suva (BU/NBU/KTG)	399	393	6
Arbeitgeberbeitrag an die Familienausgleichskasse (FAK/FamZG)	1 149	1 198	–49
<b>Total Sozialversicherungen und Vorsorgeaufwand</b>	<b>18 494</b>	<b>25 528</b>	<b>–7 033</b>
Übrige Arbeitgeberleistungen	8	7	1
Temporäres Personal	54	48	6
Veränderung Rückstellungen für Ferien und Überzeit	800	450	350
Veränderung Rückstellungen für anwartschaftliche Dienstaltersgeschenke	–335	–244	–91
Übriger Personalaufwand	2 191	1 953	238
<b>Total Personalaufwand</b>	<b>118 389</b>	<b>125 743</b>	<b>–7 354</b>

Der Personalaufwand hat um 5.85% auf 118.4 Mio. abgenommen. Die vom ETH-Rat beschlossenen Lohnmassnahmen betragen für 2021 1.2% sowie eine Teuerungsentschädigung von 1.0%. Der Personalbestand ist etwas tiefer als im Vorjahr. Die detaillierte Zusammensetzung des Nettovorsorgeaufwands wird ausführlich im Anhang 25 Nettovorsorgeverpflichtung dargestellt. Die Veränderung der Rückstellungen für Ferien und Überzeit sind 0.4 Mio. höher als im Vorjahr.

## 11 Sachaufwand

TCHF	2021	2020	Veränderung absolut
Material- und Warenaufwand	6 319	5 742	577
Raumaufwand	18 478	19 557	–1 079
Übriger Betriebsaufwand	16 105	15 444	661
<b>Total Sachaufwand</b>	<b>40 902</b>	<b>40 743</b>	<b>159</b>

Der Sachaufwand ist mit 40.9 Mio. auf Vorjahresniveau. Darin enthalten ist die Abgeltung für die nicht unmittelbar der Aufgabenerfüllung der Empa dienenden Mieterträge von Dritten für die Nutzung von bundeseigenen Liegenschaften an den Bund.

Der übrige Betriebsaufwand ist um 0.7 Mio. höher als im Vorjahr. Die Zunahme beinhaltet unter anderem zusätzliche Kosten für die gemeinsame Bibliothek der 4 Forschungsanstalten (Lib4RI) von 0.2 Mio. sowie 0.3 Mio. für NEST.

## 12 Transferaufwand

TCHF	2021	2020	Veränderung absolut
Übriger Transferaufwand	645	2 995	–2 350
<b>Total Transferaufwand</b>	<b>645</b>	<b>2 995</b>	<b>–2 350</b>

Im Transferaufwand weisen wir nur Beiträge der Empa für Forschungsprojekte aus, die nicht im Rahmen einer Leading House-Funktion der Empa weitergeleitet werden. 2021 haben wir im Rahmen des Aktionspakets Digitalisierung 0.6 Mio. an die AM TTC Alliance weitergeleitet.

### 13 Finanzergebnis

TCHF	2021	2020	Veränderung absolut
<b>Finanzertrag</b>			
Zinsertrag	5	27	-22
Beteiligungsertrag	-	-	-
Verkehrswertanpassungen Finanzanlagen	-	-	-
Fremdwährungsgewinne	204	167	37
Übriger Finanzertrag	-	-	-
<b>Total Finanzertrag</b>	<b>210</b>	<b>194</b>	<b>16</b>
<b>Finanzaufwand</b>			
Zinsaufwand	-	-	-
Verkehrswertanpassungen Finanzanlagen	-	-	-
Fremdwährungsverluste	195	219	-24
Wertberichtigung Darlehen und Festgelder	-	-	-
Übriger Finanzaufwand	16	7	9
<b>Total Finanzaufwand</b>	<b>211</b>	<b>226</b>	<b>-15</b>
<b>Total Finanzergebnis</b>	<b>-1</b>	<b>-32</b>	<b>31</b>

Die Anlage der finanziellen Mittel wird auf Basis der Vereinbarung zwischen der Eidg. Finanzverwaltung (EFV) und dem ETH-Rat über die Tresoreriebeziehungen zwischen der EFV und dem ETH-Bereich vom 29.11.2007 vorgenommen. Nach wie vor werden die Guthaben bei der EFV aufgrund der Marktsituation nicht mehr verzinst.

### 14 Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen

TCHF	31.12.2021	31.12.2020	Veränderung absolut
Kasse	55	73	-18
Post	12 520	17 499	-4 979
Bank	-	-	-
Kurzfristige Geldanlagen (< 90 Tage)	93 000	94 000	-1 000
<b>Total Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen</b>	<b>105 575</b>	<b>111 572</b>	<b>-5 997</b>

Der Bestand an flüssigen Mitteln und kurzfristigen Geldanlagen hat im Vergleich zum Vorjahr um 6.0 Mio. abgenommen. Die kurzfristigen Geldanlagen umfassen die, gemäss der Tresorerievereinbarung zwischen der EFV und dem ETH-Bereich, angelegten Drittmittel und Reserven. Die Reserven beinhalten unter anderem die Mittel für Projekte für die Lehre oder Forschung sowie für die geplanten grösseren Bauvorhaben wie der Masterplan (Neubau eines Laborgebäudes, Sanierung bestehendes Laborgebäude und Erweiterung RTTPs).

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

## 15 Forderungen

TCHF	31.12.2021	31.12.2020	Veränderung absolut
<b>Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen</b>			
Forderungen aus Projektgeschäft und Zuwendungen	77 861	55 701	22 160
Sonstige Forderungen	–	6	–6
Wertberichtigungen	–	–	–
<b>Total Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen</b>	<b>77 861</b>	<b>55 707</b>	<b>22 154</b>
davon kurzfristig	36 026	36 319	–292
davon langfristig	41 835	19 389	22 446
<b>Forderungen mit zurechenbaren Gegenleistungen</b>			
Forderungen aus Lieferungen und Leistungen	3 237	3 177	60
Sonstige Forderungen	–40	2	–42
Wertberichtigungen	–46	–57	12
<b>Total Forderungen mit zurechenbaren Gegenleistungen</b>	<b>3 151</b>	<b>3 121</b>	<b>30</b>
davon kurzfristig	3 151	3 121	30
davon langfristig	–	–	–

Die Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistung (IPSAS 23) sind projektorientiert und können sich aufgrund der sehr unterschiedlichen Projektvertragswerte im Vergleich zum Vorjahr erheblich verändern. Die Zunahme der Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen um 22.2 Mio. ist grösstenteils auf ein langfristiges Projekt von 15.0 Mio. (abdiskontiert für 10 Jahre: 14.1 Mio.), höhere Zusprache der Innosuisse von 2.4 Mio. und der Ressortforschung von 3.5 Mio. zurückzuführen.

## Fälligkeit der Forderungen

TCHF	Total For- derungen	Nicht überfällig	Überfällig bis 90 Tage	Überfällig 91 bis 180 Tage	Überfällig über 180 Tage
<b>31.12.2021</b>					
<b>Bruttowert</b>	<b>81 057</b>	<b>79 910</b>	<b>1 058</b>	<b>27</b>	<b>62</b>
Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen	77 861	77 431	424	–	7
Forderungen mit zurechenbaren Gegenleistungen	3 196	2 480	634	27	55
<b>Wertberichtigungen</b>	<b>–46</b>	<b>–</b>	<b>–</b>	<b>–12</b>	<b>–33</b>
davon Einzelwertberichtigung	–46				
<b>31.12.2020</b>					
<b>Bruttowert</b>	<b>58 886</b>	<b>57 784</b>	<b>981</b>	<b>54</b>	<b>67</b>
<b>Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen</b>	<b>55 707</b>	<b>55 443</b>	<b>249</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
Forderungen mit zurechenbaren Gegenleistungen	3 179	2 342	733	46	59
<b>Wertberichtigungen</b>	<b>–57</b>	<b>–</b>	<b>–</b>	<b>–4</b>	<b>–54</b>
davon Einzelwertberichtigung	–57				

## 16 Vorräte

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

## 17 Aktive Rechnungsabgrenzungen

TCHF	31.12.2021	31.12.2020	Veränderung absolut
Zinsen	–	–	–
Abgrenzung vorausbezahlter Aufwendungen	515	704	–189
Übrige aktive Rechnungsabgrenzungen	982	944	38
<b>Total Aktive Rechnungsabgrenzungen</b>	<b>1 496</b>	<b>1 648</b>	<b>–151</b>

## 18 Sachanlagen und immaterielle Anlagen

TCHF	Technische Betriebs- einrichtungen, Maschinen, Geräte, Möbiliar, Fahrzeuge	Informatik und Kommunikation	Anzahlungen, mobile Anlagen im Bau	<b>Total Mobiles Anlagevermögen</b>	Grundstücke, Gebäude	Immobilie Anlagen im Bau	<b>Total Immobiles Anlagevermögen</b>	<b>Total Sachanlagen</b>	<b>Total Immaterielle Anlagen</b>
<b>Anschaffungswerte</b>									
<b>Stand per 01.01.2021</b>	<b>142 651</b>	<b>6 908</b>	<b>4 378</b>	<b>153 937</b>	<b>18 359</b>	<b>81</b>	<b>18 440</b>	<b>172 378</b>	<b>889</b>
Zugänge	8 723	147	5 411	14 281	3 743	717	4 460	18 741	95
Umgliederungen	1 420	–	–1 420	–	60	–60	–	–	–
Abgänge	–663	–	–	–663	–	–	–	–663	–
<b>Stand per 31.12.2021</b>	<b>152 131</b>	<b>7 055</b>	<b>8 369</b>	<b>167 555</b>	<b>22 162</b>	<b>738</b>	<b>22 900</b>	<b>190 455</b>	<b>984</b>
<b>Kumulierte Wertberichtigungen</b>									
<b>Stand per 01.01.2021</b>	<b>99 051</b>	<b>5 447</b>	<b>–</b>	<b>104 498</b>	<b>6 856</b>	<b>–</b>	<b>6 856</b>	<b>111 354</b>	<b>605</b>
Abschreibungen	9 949	570	–	10 518	1 853	–	1 853	12 372	88
Wertminderungen	6	–	–	6	–	–	–	6	–
Zuschreibungen	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Umgliederungen	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Abgänge Wertberichtigungen	–289	–	–	–289	–	–	–	–289	–
<b>Stand per 31.12.2021</b>	<b>108 717</b>	<b>6 016</b>	<b>–</b>	<b>114 733</b>	<b>8 709</b>	<b>–</b>	<b>8 709</b>	<b>123 443</b>	<b>692</b>
<b>Bilanzwert per 31.12.2021</b>	<b>43 414</b>	<b>1 038</b>	<b>8 369</b>	<b>52 822</b>	<b>13 453</b>	<b>738</b>	<b>14 191</b>	<b>67 013</b>	<b>292</b>
davon Anlagen im Leasing				–			–	–	–

Zu den grösseren Investitionen 2021 in der Anlagenkategorie «Technische Betriebseinrichtungen, Maschinen etc.» gehören unter vielen anderen die NEST-Forschungsunit SPRINT für 1.2 Mio., ein Röntgen-Photoelektronenspektrometer (HAX-PES-EPC) für 1.6 Mio., eine 3D-Metalldruckmaschine mit Mikrodosiersystem für 0.8 Mio. und eine 3D-Druckforschungsapparatur mit Elektronen- und Laserstrahl von 0.6 Mio.

Die wesentlichen Zugänge in der Anlagenkategorie «Anzahlungen und mobile Anlagen im Bau» waren vor allem für die NEST-Forschungsunit HiLo von 1.4 Mio., eine CO<sub>2</sub>-Aufbereitungsanlage für 0.8 Mio., ein Hochenergieimpulsmagnetronsputter (HiPIMS) für 0.7 Mio., ein Batteriezellen-Montageroboter für 0.6 Mio. sowie verschiedene Maschinen im Bereich der Beton- und Bauchemie von 0.6 Mio.

Bei den Mieterausbauten «Grundstücke, Gebäude» von 3.7 Mio. handelt es sich um Umbaumaassnahmen für die Nord-Ost-Erweiterung im Rahmen des Masterplans für die Umsetzung des Forschungscampus Empa Eawag von 2.8 Mio. und weitere nutzerspezifische Einrichtungen.

In der Kategorie «Immobilie Anlagen im Bau» sind weitere nutzerspezifische Anlagen enthalten.

Alle Anlagekategorien werden gemäss den in Anhang 3 beschriebenen Grundsätzen abgeschrieben. Zusätzlich ermittelter Abschreibungsbedarf wird in obiger Tabelle separat unter den Wertminderungen ausgewiesen.

## Sachanlagen und immaterielle Anlagen

TCHF	Technische Betriebs- einrichtungen, Maschinen, Geräte, Mobiliar, Fahrzeuge	Informatik und Kommunikation	Anzahlungen, mobile Anlagen im Bau	<b>Total Mobiles Anlagevermögen</b>	Grundstücke, Gebäude	Immobilien Anlagen im Bau	<b>Total Immobiles Anlagevermögen</b>	<b>Total Sachanlagen</b>	<b>Total Immaterielle Anlagen</b>
<b>Anschaffungswerte</b>									
<b>Stand per 01.01.2020</b>	<b>137 466</b>	<b>5 680</b>	<b>2 667</b>	<b>145 812</b>	<b>15 691</b>	<b>403</b>	<b>16 094</b>	<b>161 907</b>	<b>856</b>
Zugänge	6 611	1 408	2 973	10 992	2 383	56	2 439	13 432	33
Umgliederungen	1 262	–	–1 262	–	378	–378	–	–	–
Abgänge	–2 688	–180	–	–2 867	–93	–	–93	–2 961	–
<b>Stand per 31.12.2020</b>	<b>142 651</b>	<b>6 908</b>	<b>4 378</b>	<b>153 937</b>	<b>18 359</b>	<b>81</b>	<b>18 440</b>	<b>172 378</b>	<b>889</b>
<b>Kumulierte Wertberichtigungen</b>									
<b>Stand per 01.01.2020</b>	<b>91 933</b>	<b>5 399</b>	<b>–</b>	<b>97 332</b>	<b>5 232</b>	<b>–</b>	<b>5 232</b>	<b>102 564</b>	<b>517</b>
Abschreibungen	9 708	228	–	9 936	1 624	–	1 624	11 560	88
Wertminderungen	23	–	–	23	–	–	–	23	–
Zuschreibungen	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Umgliederungen	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Abgänge Wertberichtigungen	–2 614	–180	–	–2 793	–	–	–	–2 793	–
<b>Stand per 31.12.2020</b>	<b>99 051</b>	<b>5 447</b>	<b>–</b>	<b>104 498</b>	<b>6 856</b>	<b>–</b>	<b>6 856</b>	<b>111 354</b>	<b>605</b>
<b>Bilanzwert per 31.12.2020</b>	<b>43 600</b>	<b>1 461</b>	<b>4 378</b>	<b>49 439</b>	<b>11 503</b>	<b>81</b>	<b>11 584</b>	<b>61 023</b>	<b>284</b>
davon Anlagen im Leasing	–	–	–	–	–	–	–	–	–

## 19 Finanzanlagen und Darlehen

TCHF	31.12.2021	31.12.2020	Veränderung absolut
<b>Kurzfristige Finanzanlagen und Darlehen</b>			
Übrige Finanzanlagen	45 929	39 929	6 000
Darlehen	250	681	-431
<b>Total Kurzfristige Finanzanlagen und Darlehen</b>	<b>46 179</b>	<b>40 610</b>	<b>5 569</b>
<b>Langfristige Finanzanlagen und Darlehen</b>			
Übrige Finanzanlagen	388	238	150
Darlehen	280	250	30
<b>Total Langfristige Finanzanlagen und Darlehen</b>	<b>667</b>	<b>488</b>	<b>180</b>

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

## 20 Kofinanzierungen

TCHF	2021	2020	Veränderung absolut
<b>Anschaffungswerte</b>			
<b>Stand per 01.01.</b>	<b>7 475</b>	<b>7 475</b>	<b>–</b>
Zugänge	–	–	–
Abgänge	–	–	–
<b>Stand per 31.12.</b>	<b>7 475</b>	<b>7 475</b>	<b>–</b>
<b>Kumulierte Wertberichtigungen</b>			
<b>Stand per 01.01.</b>	<b>841</b>	<b>627</b>	<b>215</b>
Abschreibungen	215	215	–
Abgänge	–	–	–
<b>Stand per 31.12.</b>	<b>1 056</b>	<b>841</b>	<b>215</b>
<b>Bilanzwert per 31.12.</b>	<b>6 419</b>	<b>6 633</b>	<b>–215</b>

Bei den Kofinanzierungen handelt es sich um Mittel von Dritten, welche der Empa zur Finanzierung von Immobilien zugewendet wurden. Der Ausweis der Kofinanzierungen unter dem Eigenkapital stellt den Teilanspruch an den durch die Empa kofinanzierten Immobilien im Eigentum des Bundes bei einem etwaigen Verkauf dar. Die Anschaffungswerte von 7.5 Mio. sind die Anteile der von Dritten finanzierten Bauleistungen für NEST.

## 21 Laufende Verbindlichkeiten

TCHF	31.12.2021	31.12.2020	Veränderung absolut
Verbindlichkeiten aus Lieferungen und Leistungen	736	1 899	-1 163
Verbindlichkeiten gegenüber Sozialversicherungen	1 561	2 648	-1 088
Übrige laufende Verbindlichkeiten	1 213	3 129	-1 916
<b>Total Laufende Verbindlichkeiten</b>	<b>3 510</b>	<b>7 677</b>	<b>-4 166</b>

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

## 22 Finanzverbindlichkeiten

Es bestehen keine monetären Verbindlichkeiten, die aus Finanzierungstätigkeiten stammen.

### Finanzierungsleasing

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

## 23 Passive Rechnungsabgrenzungen

TCHF	31.12.2021	31.12.2020	Veränderung absolut
Zinsen	-	-	-
Abgrenzung vorrauserhaltener Erträge	4 532	3 989	543
Übrige passive Rechnungsabgrenzungen	2 743	1 412	1 331
<b>Total Passive Rechnungsabgrenzungen</b>	<b>7 275</b>	<b>5 400</b>	<b>1 874</b>

Die Abgrenzungen für vorrauserhaltene Erträge in der Höhe von 4.5 Mio. (VJ: 4.0 Mio.) enthalten hauptsächlich die Ertragsabgrenzungen für Verträge gemäss IPSAS 9 (z. B. Auftragsforschung, wissenschaftliche Dienstleistungen).

## 24 Rückstellungen

### Überblick

TCHF	31.12.2021	31.12.2020	Veränderung absolut
Rückstellungen für Ferien und Überzeit	6 550	5 750	800
Andere fällige Leistungen nach IPSAS 39	4 180	4 515	-335
Bürgschaften, Garantien	-	-	-
Rechtsfälle	95	271	-176
Andere Rückstellungen	41	15	26
<b>Total Rückstellungen</b>	<b>10 866</b>	<b>10 551</b>	<b>315</b>

Die Rückstellungen für noch nicht bezogene Ferien und Überzeitentschädigungen der Mitarbeitenden in der Höhe von 6.6 Mio. haben um 0.8 Mio. zugenommen. Die anderen fälligen Leistungen nach IPSAS 39 beinhalten die erworbenen Dienstaltersgeschenke/Treueprämien, die durch unabhängige Aktuarer mittels der Projected-Unit-Credit-Methode bewertet werden und betragen im Berichtsjahr 4.2 Mio.

## Rückstellungen – Veränderung

TCHF	Rückstellungen für Ferien und Überzeit	Andere fällige Leistungen nach IPSAS 39	Rückbauten	Bürgschaften, Garantien	Rechtsfälle	Andere Rückstellungen	Total Rückstellungen
<b>Stand per 01.01.2021</b>	<b>5 750</b>	<b>4 515</b>	–	–	<b>271</b>	<b>15</b>	<b>10 551</b>
Bildung	800	440	–	–	95	41	1 376
Auflösung	–	–	–	–	–215	–	–215
Verwendung	–	–775	–	–	–56	–15	–846
Umgliederungen	–	–	–	–	–	–	–
Anstieg des Barwerts	–	–	–	–	–	–	–
<b>Stand per 31.12.2021</b>	<b>6 550</b>	<b>4 180</b>	–	–	<b>95</b>	<b>41</b>	<b>10 866</b>
davon kurzfristig	6 550	–	–	–	95	41	6 686
davon langfristig	–	4 180	–	–	–	–	4 180

TCHF	Rückstellungen für Ferien und Überzeit	Andere fällige Leistungen nach IPSAS 39	Rückbauten	Bürgschaften, Garantien	Rechtsfälle	Andere Rückstellungen	Total Rückstellungen
Anpassungen aus Restatement per 01.01.	–	–	–	–	–	–	–
<b>Stand per 01.01.2020</b>	<b>5 300</b>	<b>4 759</b>	–	–	<b>242</b>	<b>10</b>	<b>10 311</b>
Bildung	450	322	–	–	271	15	1 058
Auflösung	–	–	–	–	–226	–	–226
Verwendung	–	–566	–	–	–16	–10	–592
Umgliederungen	–	–	–	–	–	–	–
Anstieg des Barwerts	–	–	–	–	–	–	–
<b>Stand per 31.12.2020</b>	<b>5 750</b>	<b>4 515</b>	–	–	<b>271</b>	<b>15</b>	<b>10 551</b>
davon kurzfristig	5 750	–	–	–	271	15	6 036
davon langfristig	–	4 515	–	–	–	–	4 515

## 25 Nettovorsorgeverpflichtungen

Der Grossteil der Angestellten und Rentenbeziehenden der Institutionen der Empa sind im Vorsorgewerk ETH-Bereich bei der Sammeleinrichtung Pensionskasse des Bundes PUBLICA (PUBLICA) versichert. Es bestehen keine Verpflichtungen aus weiteren Vorsorgeplänen ausserhalb des Vorsorgewerks ETH-Bereich bei PUBLICA.

### Rechtsrahmen und Verantwortlichkeiten

#### Gesetzliche Vorgaben

Die Durchführung der Personalvorsorge muss über eine vom Arbeitgeber getrennte Vorsorgeeinrichtung erfolgen. Das Gesetz schreibt Minimalleistungen vor.

#### Organisation der Vorsorge

PUBLICA ist eine selbstständige, öffentlich-rechtliche Anstalt des Bundes.

Die Kassenkommission ist das oberste Organ der PUBLICA. Neben der Leitung übt sie die Aufsicht und die Kontrolle über die Geschäftsführung der PUBLICA aus. Die paritätisch besetzte Kommission besteht aus 16 Mitgliedern (je acht Vertreterinnen und Vertreter der versicherten Personen sowie der Arbeitgeber aus dem Kreis aller angeschlossenen Vorsorgewerke). Somit besteht das oberste Organ der PUBLICA zu gleichen Teilen aus Arbeitnehmer- und Arbeitgebervertreterinnen und -vertretern.

Jedes Vorsorgewerk hat ein eigenes paritätisches Organ. Es wirkt u. a. beim Abschluss des Anschlussvertrags mit und entscheidet über die Verwendung allfälliger Überschüsse. Das paritätische Organ setzt sich aus je neun Arbeitgeber- und Arbeitnehmervertreterinnen und -vertretern der Einheiten zusammen.

### Versicherungsplan

Im Sinne von IPSAS 39 ist die Vorsorgelösung als leistungsorientiert (defined benefit) zu klassifizieren.

Der Vorsorgeplan ist in den Vorsorgereglementen für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie für die Professorinnen und Professoren des Vorsorgewerks ETH-Bereich festgelegt. Diese Reglemente sind Bestandteil des Anschlussvertrags mit der PUBLICA. Der Vorsorgeplan gewährt im Fall von Invalidität, Tod, Alter und Austritt mehr als die vom Gesetz geforderten Mindestleistungen, d. h. es handelt sich um einen sogenannten umhüllenden Plan (obligatorische und überobligatorische Leistungen).

Die Arbeitgeber- und Arbeitnehmersparbeiträge werden in Prozent des versicherten Lohnes definiert. Für die Versicherung der Risiken Tod und Invalidität wird eine Risikoprämie erhoben. Die Verwaltungskosten werden vom Arbeitgeber bezahlt.

Die Altersrente ergibt sich aus dem zum Pensionierungszeitpunkt vorhandenen Altersguthaben multipliziert mit dem im Reglement festgelegten Umwandlungssatz. Die Arbeitnehmerin oder der Arbeitnehmer hat die Möglichkeit, die Altersleistungen als Kapital zu beziehen. Es bestehen Vorsorgepläne für verschiedene Versichertengruppen. Zudem hat die Arbeitnehmerin oder der Arbeitnehmer die Möglichkeit, zusätzliche Sparbeiträge zu leisten.

Die Risikoleistungen werden in Abhängigkeit vom projizierten, verzinsten Sparkapital und vom Umwandlungssatz ermittelt.

## Vermögensanlage

Die Vermögensanlage erfolgt durch die PUBLICA gemeinsam für alle Vorsorgewerke (mit gleichem Anlageprofil).

Die Kassenkommission als oberstes Organ der PUBLICA trägt die Gesamtverantwortung für die Verwaltung des Vermögens. Sie ist zuständig für den Erlass und für Änderungen des Anlagereglements und bestimmt die Anlagestrategie. Der Anlageausschuss berät die Kassenkommission in Anlagefragen und überwacht die Einhaltung des Anlagereglements und der -strategie.

Die Verantwortung für die Umsetzung der Anlagestrategie liegt beim Asset Management von PUBLICA. Ebenso fällt das Asset Management die taktischen Entscheide, vorübergehend von den Gewichtungen der Anlagestrategie abzuweichen, um gegenüber der Strategie einen Mehrwert zu generieren. Bei einem mehrjährigen Auf- oder Abbau von einzelnen Anlageklassen wird eine Prorata-Strategie berechnet, damit die Transaktionen auf der Zeitachse diversifiziert werden.

## Risiken für den Arbeitgeber

Das paritätische Organ des Vorsorgewerks ETH-Bereich kann das Finanzierungssystem (Beiträge und zukünftige Leistungen) jederzeit ändern. Während der Dauer einer Unterdeckung im vorsorgerechtlichen Sinne (Art. 44 BVV 2) und sofern andere Massnahmen nicht zum Ziel führen, kann das paritätische Organ vom Arbeitgeber Sanierungsbeiträge erheben. Wenn damit überobligatorische Leistungen finanziert werden, muss der Arbeitgeber sich damit einverstanden erklären.

Der definitive Deckungsgrad gemäss BVV2 lag zum Zeitpunkt der Genehmigung der Jahresrechnung noch nicht vor. Der provisorische regulatorische Deckungsgrad des Vorsorgewerks ETH-Bereich bei PUBLICA nach BVV 2 betrug per Ende 2021 109.3 % (VJ: 107.9 %, definitiv). Der provisorische ökonomische Deckungsgrad des Vorsorgewerks ETH-Bereich bei PUBLICA betrug per Ende Jahr 96.5 % (VJ: 88.9 %).

## Besondere Ereignisse

In der laufenden Berichtsperiode wurde beschlossen, die Beteiligung des Arbeitgebers an der Finanzierung der Überbrückungsrente gemäss der revidierten Regelung in der Personalverordnung ETH-Bereich zu reduzieren. Diese Anpassung geht als negativer nachzuverrechnender Dienstzeitaufwand in die IPSAS39-Bewertung ein.

Im Vorjahr wurde gemäss der Risikoaufteilung zwischen Arbeitgeber und Arbeitnehmer (Risk Sharing) per 31.12.2020 nur noch derjenige Anteil der Vorsorgeverpflichtung berücksichtigt, welcher mutmasslich durch den Arbeitgeber zu tragen ist. Somit entsteht ein realistischeres Bild der für den ETH-Bereich zu erwartenden Kosten des Vorsorgeplans. Aus der Berücksichtigung von Risk Sharing ergab sich per 31.12.2020 eine Verminderung der Nettovorsorgeverpflichtungen um 24.5 Mio., die als Schätzungsänderung unter den versicherungsmathematischen Gewinnen und Verlusten direkt im Eigenkapital erfasst wurde.

Zudem wurde der Diskontierungszinssatz per 31.12.2020 erstmals auf die Rendite von erstrangigen, festverzinslichen Unternehmensanleihen abgestellt. Diese Änderung wurde ebenfalls als Schätzungsänderung direkt im Eigenkapital (Bewertungsreserven) erfasst.

## Nettovorsorgeverpflichtungen

TCHF	31.12.2021	31.12.2020	Veränderung absolut
Barwert der Vorsorgeverpflichtungen	-555 472	-568 573	13 101
Vorsorgevermögen zu Marktwerten	516 711	499 447	17 264
<b>Bilanzierte Nettovorsorgeverpflichtungen</b>	<b>-38 761</b>	<b>-69 126</b>	<b>30 365</b>

Die Abnahme der Nettovorsorgeverpflichtungen um 30.4 Mio. resultiert aus einer Reduktion des Barwerts der Vorsorgeverpflichtungen und einer Erhöhung des Vorsorgevermögens zu Marktwerten. Die Erhöhung des Diskontierungszinssatzes (31.12.2021: 0.4 % / 31.12.2020: 0.2 %) sowie die Anpassung der demografischen Annahmen führten zu einer Reduktion der

Nettovorsorgeverpflichtungen um 10.6 Mio. resp. 16.1 Mio. Das Vorsorgevermögen hat sich aufgrund der positiven Anlagerendite um 16.8 Mio. erhöht.

## Nettovorsorgeaufwand

TCHF	2021	2020	Veränderung absolut
Laufender Dienstzeitaufwand des Arbeitgebers	11 395	17 785	-6 390
Nachzuverrechnender Dienstzeitaufwand	-1 025	-	-1 025
Gewinne (-) / Verluste (+) aus Planabgeltungen	-	-	-
Zinsaufwand aus Vorsorgeverpflichtungen	1 136	-1 269	2 405
Zinsertrag aus Vorsorgevermögen	-998	957	-1 955
Verwaltungskosten (exkl. Vermögensverwaltungskosten)	236	236	-
Andere	-	-	-
<b>Total Nettovorsorgeaufwand inkl. Zinsaufwand, erfasst in der Erfolgsrechnung</b>	<b>10 744</b>	<b>17 709</b>	<b>-6 965</b>

Der Nettovorsorgeaufwand der Empa für das Berichtsjahr beträgt 10.7 Mio. (2020: 17.7 Mio.). Davon bezieht sich keiner auf Vorsorgepläne ausserhalb des Vorsorgewerks ETH-Bereich bei PUBLICA.

Der Nettovorsorgeaufwand ist 7.0 Mio. tiefer als im Vorjahr. Die Abnahme ist hauptsächlich auf den tieferen laufenden (-6.4 Mio.) Dienstzeitaufwand und die Erhöhung des Zinsertrags aus Vorsorgevermögen ist aufgrund des positiven Diskontierungszinssatzes (erwartete Rendite) zurückzuführen (-2.0 Mio.). Dabei wurde der laufende Dienstzeitaufwand durch die Erhöhung des Diskontierungszinssatzes (01.01.2021: 0.2 % vs. 01.01.2020: -0.2 %) sowie durch die erstmalige Auswirkung der Risk Sharing-Eigenschaften in der Erfolgsrechnung reduziert. Weil die Umstellung auf Risk Sharing per Ende des Jahres 2020 erfolgte, mussten im Nettovorsorgeaufwand des Vorjahres noch keine Effekte des Risk Sharings berücksichtigt werden. Der nachzuverrechnende Dienstzeitaufwand be-

inhaltet eine Aufwandsminderung aufgrund der angepassten Personalverordnung des ETH-Bereichs. In der laufenden Berichtsperiode wurde beschlossen, die Beteiligung des Arbeitgebers an der Finanzierung der Überbrückungsrenten zu reduzieren. Diese Anpassung fliesst als negativ nachzuverrechnender Dienstzeitaufwand im Betrag von 1.0 Mio. in die Berechnungen ein.

Als Folge des positiven Diskontierungszinssatzes resultiert aus der Aufzinsung der Vorsorgeverpflichtungen im Geschäftsjahr 2021 ein Zinsaufwand (Vorjahr: Zinsertrag aufgrund Negativverzinsung).

Im Berichtsjahr wurden analog Vorjahr keine Einlagen vom ETH-Rat an das Vorsorgewerk ETH-Bereich übertragen.

Für das kommende Geschäftsjahr werden Arbeitgeberbeiträge im Umfang von 12.0 Mio. sowie Arbeitnehmerbeiträge in Höhe von 6.7 Mio. erwartet.

## Sofort gegen Eigenkapital erfasste Neubewertung

TCHF	31.12.2021	31.12.2020	Veränderung absolut
Versicherungsmathematische Gewinne (-) und Verluste (+)	-11 983	-66 007	54 024
aus Änderung der finanziellen Annahmen	-9 974	-60 174	50 200
aus Änderung der demografischen Annahmen	-16 107	-15 398	-709
aus Erfahrungsänderung	14 098	9 565	4 533
Ertrag aus Vorsorgevermögen exkl. Zinsertrag (Gewinne (-) / Verluste (+))	-16 799	-23 213	6 414
Andere	-	-	-
<b>Im Eigenkapital erfasste Neubewertung</b>	<b>-28 782</b>	<b>-89 220</b>	<b>60 438</b>
<b>Kumulierter Betrag der im Eigenkapital erfassten Neubewertung (Gewinn (-) / Verlust (+))</b>	<b>-20 802</b>	<b>7 980</b>	<b>-28 782</b>

Der im Eigenkapital erfasste Neubewertungsgewinn beträgt 28.8 Mio. für 2021 (2020: 89.2 Mio.). Dies ergibt einen Bestand positiver Bewertungsreserven per 31. Dezember 2021 von 20.8 Mio. (2020: negative Bewertungsreserven von 8.0 Mio.).

Die versicherungsmathematischen Gewinne aus der Änderung der finanziellen Annahmen resultieren aus der Erhöhung des Diskontierungszinssatzes (10.6 Mio.). Sie wurden durch die höhere Verzinsung des Altersguthabens und Reduktion der erwarteten Lohnentwicklung leicht abgeschwächt (versicherungsmathematischer Verlust von 0.6 Mio.). Die Anpassung der demografischen Annahmen auf die technischen Grundlagen BVG 2020 führten zu versicherungsmathematischen Gewinnen im Betrag von 16.1 Mio. Kompensierend dazu haben die erfahrungsbezogenen Verluste die im Eigenkapital erfassten Neubewertungsgewinne um 14.1 Mio. CHF reduziert.

Der im Eigenkapital erfasste Ertrag aus Vorsorgevermögen ist auf die höhere erwirtschaftete Anlagerendite von über 4.5 % im Vergleich zur erwarteten Rendite (entspricht Diskontierungszinssatz von 0.2 %) zurückzuführen.

### Entwicklung des Barwerts der Vorsorgeverpflichtungen

TCHF	2021	2020
<b>Barwert der Vorsorgeverpflichtungen Stand per 01.01.</b>	<b>568 573</b>	<b>632 660</b>
Laufender Dienstzeitaufwand des Arbeitgebers	11 395	17 785
Zinsaufwand aus Vorsorgeverpflichtungen	1 136	-1 269
Arbeitnehmerbeiträge	6 921	7 004
Ein- (+) und ausbezahlte (-) Leistungen	-19 545	-21 600
Nachzuverrechnender Dienstzeitaufwand	-1 025	-
Gewinne (-) / Verluste (+) aus Planabgeltungen	-	-
Versicherungsmathematische Gewinne (-) / Verluste (+)	-11 983	-66 007
Andere	-	-
<b>Barwert der Vorsorgeverpflichtungen Stand per 31.12.</b>	<b>555 472</b>	<b>568 573</b>

Die gewichtete durchschnittliche Laufzeit aus den leistungsorientierten Vorsorgeverpflichtungen beläuft sich per 31. Dezember 2021 auf 13.4 Jahre (2020: 14.3 Jahre).

### Entwicklung des Vorsorgevermögens

TCHF	2021	2020
<b>Vorsorgevermögen zu Marktwerten Stand per 01.01.</b>	<b>499 447</b>	<b>479 549</b>
Zinsertrag aus Vorsorgevermögen	998	-957
Arbeitgeberbeiträge	12 327	12 474
Arbeitnehmerbeiträge	6 921	7 004
Ein- (+) und ausbezahlte (-) Leistungen	-19 545	-21 600
Gewinne (+) / Verluste (-) aus Planabgeltungen	-	-
Verwaltungskosten (exkl. Vermögensverwaltungskosten)	-236	-236
Ertrag aus Vorsorgevermögen exkl. Zinsertrag (Gewinne (+) / Verluste (-))	16 799	23 213
Andere	-	-
<b>Vorsorgevermögen zu Marktwerten Stand per 31.12.</b>	<b>516 711</b>	<b>499 447</b>

Das Vorsorgevermögen nahm gegenüber dem Vorjahr um 17.3 Mio. zu. Diese Entwicklung ist primär auf den Ertrag aus dem Vorsorgevermögen zurückzuführen. Die erwartete Rendite von 1.0 Mio. (Zinsertrag aus Vorsorgevermögen) wurde auf Basis des Diskontierungszinssatzes von 0.2 % gerechnet. Die effektiv erwirtschaftete, positive Rendite (prov. Performance PUBLICA) beträgt jedoch 4.5 %. Die Vermögensgewinne im

Betrag von 16.8 Mio. wurden über das Eigenkapital verbucht, damit ein tatsächlicher Ertrag aus Planvermögen von 17.8 Mio. resultiert.

Die übrigen Positionen (Zinsertrag aus Vorsorgevermögen (erwartet), Arbeitgeber- und Arbeitnehmerbeiträge, ein- und ausbezahlte Leistungen, Verwaltungskosten) werden über die Erfolgsrechnung verbucht.

## Überleitung der Nettovorsorgeverpflichtungen

TCHF	2021	2020
<b>Nettovorsorgeverpflichtungen Stand per 01.01.</b>	<b>-69 126</b>	<b>-153 111</b>
Nettovorsorgeaufwand inkl. Zinsaufwand, erfasst in der Erfolgsrechnung	-10 744	-17 709
Im Eigenkapital erfasste Neubewertung	28 782	89 220
Arbeitgeberbeiträge	12 327	12 474
Verpflichtungen bezahlt direkt von der Einheit	-	-
Andere	-	-
<b>Nettovorsorgeverpflichtungen Stand per 31.12.</b>	<b>-38 761</b>	<b>-69 126</b>

## Hauptkategorien des Vorsorgevermögens (in Prozent)

Prozent	Kotiert	Nicht kotiert	31.12.2021	Kotiert	Nicht kotiert	31.12.2020
Flüssige Mittel	3	-	3	3	-	3
Obligationen (in CHF) Eidgenossenschaft	5	-	5	6	-	6
Obligationen (in CHF) ex Eidgenossenschaft	9	-	9	10	-	10
Staatsanleihen (in Fremdwährungen)	23	-	23	25	-	25
Unternehmensanleihen (in Fremdwährungen)	9	-	9	10	-	10
Hypotheken	2	-	2	1	-	1
Aktien	28	-	28	26	-	26
Immobilien	6	6	12	4	6	10
Rohstoffe	2	-	2	2	-	2
Andere	-	7	7	-	7	7
<b>Total Vorsorgevermögen</b>	<b>87</b>	<b>13</b>	<b>100</b>	<b>87</b>	<b>13</b>	<b>100</b>

Die PUBLICA trägt die versicherungs- und anlagetechnischen Risiken selbst. Die Anlagestrategie ist so definiert, dass die reglementarischen Leistungen bei Fälligkeit erbracht werden können.

Es sind keine vom Arbeitgeber genutzten Immobilien des Vorsorgewerks bekannt.

**Wichtigste zum Abschlussstichtag verwendete versicherungsmathematische Annahmen (in Prozent)**

Prozent	2021	2020
Diskontierungszinssatz per 01.01.	0.20	-0.20
Diskontierungszinssatz per 31.12.	0.40	0.20
Erwartete Lohnentwicklung	0.60	0.40
Erwartete Rentenentwicklung	0.00	0.00
Verzinsung der Altersguthaben	0.40	0.30
Arbeitnehmeranteil an der Finanzierungslücke	36.00	36.00
Lebenserwartung im Alter 65 – Frauen (Anzahl Jahre)	24.37	24.76
Lebenserwartung im Alter 65 – Männer (Anzahl Jahre)	22.57	22.72

Der Diskontierungszinssatz basiert analog Vorjahr auf der Rendite von erstrangigen, festverzinslichen Unternehmensanleihen und den erwarteten Kapitalflüssen des Vorsorgewerks ETH-Bereich bei PUBLICA gemäss Bestandsdaten des Vorjahres. Die erwartete künftige Lohnentwicklung basiert auf volkswirtschaftlichen Referenzgrössen. Die Rentenentwicklung entspricht der aufgrund der finanziellen Lage der Pensionskasse für die durchschnittliche Restlaufzeit erwarteten Rentenentwicklung. Der Arbeitnehmeranteil an der Finanzierungslücke ist an die aktuelle Staffelung der reglementarischen Sparbeiträge angelehnt. Für die Annahme der Lebenserwartung werden die Generationentafeln BVG 2020 angewendet.

**Sensitivitätsanalyse (Veränderung auf Barwert der Vorsorgeverpflichtung)**

TCHF	31.12.2021		31.12.2020	
	Erhöhung Annahme	Verminderung Annahme	Erhöhung Annahme	Verminderung Annahme
Diskontierungszinssatz (Veränderung +/-0,25 %)	-13 237	14 025	-14 854	15 787
Erwartete Lohnentwicklung (Veränderung +/-0,25 %)	1 255	-1 237	1 368	-1 322
Erwartete Rentenentwicklung (Veränderung +/-0,25 %)	11 138	n/a	12 651	n/a
Verzinsung der Altersguthaben (Veränderung +/-0,25 %)	2 421	-2 402	2 462	-2 414
Arbeitnehmeranteil an der Finanzierungslücke (Veränderung +/-10 %)	-2 628	2 628	-7 296	7 296
<b>Lebenserwartung (Veränderung +/-1 Jahr)</b>	<b>15 362</b>	<b>-15 594</b>	<b>15 808</b>	<b>-16 037</b>

In der Sensitivitätsanalyse wird die Veränderung der Vorsorgeverpflichtungen bei Anpassung der versicherungsmathematischen Annahmen ermittelt. Es wird dabei jeweils nur eine der Annahmen angepasst, während die übrigen Parameter unverändert bleiben.

Der Diskontierungszinssatz, die Annahmen zur Lohnentwicklung und zur Verzinsung der Altersguthaben sowie der Arbeitnehmeranteil an der Finanzierungslücke wurden um fixe Prozentpunkte erhöht bzw. gesenkt. Die Annahme zur Rentenentwicklung wurde für das Berichtsjahr erhöht und nicht gesenkt, da eine Kürzung der Rentenleistung nicht möglich ist. Die Sensitivität auf die Lebenserwartung wurde berechnet, indem die Lebenserwartung mit einem pauschalen Faktor gesenkt bzw. erhöht wurde, sodass die Lebenserwartung für die meisten Alterskategorien um rund ein Jahr erhöht bzw. reduziert wurde.

## 26 Zweckgebundene Drittmittel

TCHF	31.12.2021	31.12.2020	Veränderung absolut
Forschungsbeiträge Schweizerischer Nationalfonds (SNF)	23 342	18 678	4 664
Forschungsbeiträge Schweizerische Agentur für Innovationsförderung (Innosuisse)	17 939	13 099	4 840
Forschungsbeiträge Europäische Union (EU)	16 117	18 107	-1 990
Forschungsbeiträge Bund (Ressortforschung)	9 249	5 146	4 102
Forschungsbeiträge wirtschaftsorientierte Forschung (Privatwirtschaft)	18 761	4 032	14 729
Forschungsbeiträge übrige projektorientierte Drittmittel	4 517	5 123	-605
<b>Total Zweckgebundene Drittmittel</b>	<b>89 925</b>	<b>64 185</b>	<b>25 740</b>

Die Leistungsverpflichtungen der Empa für Forschungsprojekte (IPSAS 23; z. B. Forschungsbeiträge) werden zweckgebunden im langfristigen Fremdkapital aufgeführt. Diese Verpflichtungen haben um 25.7 Mio. zugenommen und belaufen sich auf 89.9 Mio.

Die Zunahme der Leistungsverpflichtungen in der wirtschaftsorientierten Forschung von 14.7 Mio. ist auf die erfolgreiche Akquirierung eines Projektes mit einer Laufzeit von 10 Jahren zurückzuführen.

Aus den höheren Zusprachen beim SNF, der Innosuisse und in der Ressortforschung resultieren höhere Verpflichtungen. Hingegen laufen die Projekte des EU-Forschungsprogramms Horizon 2020 langsam aus. Neue Verträge aus dem Horizon Europe-Program konnten noch keine abgeschlossen werden.

## 27 Finanzielles Risikomanagement und Zusatzinformationen zu den Finanzinstrumenten

### Allgemeines

Das finanzielle Risikomanagement ist in das allgemeine Risikomanagement des ETH-Bereichs eingebettet, über das jährlich an den ETH-Rat berichtet wird (s. Geschäftsbericht, Kapitel Risikosituation und Risikomanagement, S. 38 f.).

Das finanzielle Risikomanagement behandelt insbesondere:

- das Kreditrisiko (Ausfallrisiko),
- das Liquiditätsrisiko und
- das Marktrisiko (Zins-, Kurs- und Fremdwährungsrisiko).

Der Schwerpunkt des Risikomanagements liegt unverändert beim Kreditrisiko. Es bestehen Richtlinien zur Steuerung der Anlage von finanziellen Mitteln, um das Ausfall- sowie das Marktrisiko zu verringern. Ein Grossteil der Forderungen und Ansprüche aus finanziellen Vermögenswerten besteht gegenüber Parteien mit hoher Kreditwürdigkeit und Zahlungsfähigkeit. Klumpenrisiken bestehen nur gegenüber diesen Gegenparteien, weshalb das Kreditrisiko als gering eingeschätzt wird. Des Weiteren bestehen Forderungen und Finanzanlagen in Fremdwährung, die situativ abgesichert werden, um das Risiko zu minimieren.

Die Einhaltung und Wirksamkeit der Richtlinien wird durch das interne Kontrollsystem (IKS) sichergestellt.

### Kredit- und Ausfallrisiko

Das maximale Ausfallrisiko entspricht den Buchwerten in der Bilanz. Das tatsächliche Risiko ist aufgrund der Tatsache, dass ein Grossteil der finanziellen Vermögenswerte gegenüber dem Bund und anderen öffentlichen Institutionen besteht, sehr gering.

### Liquiditätsrisiko

Die Empa verfügt über Prozesse und Grundsätze, die eine ausreichende Liquidität zur Begleichung der laufenden und künftigen Verpflichtungen gewährleisten. Dazu gehört das Halten einer ausreichenden Reserve an flüssigen Mitteln.

Finanzielle Verbindlichkeiten entstehen vor allem aus operativen laufenden Verbindlichkeiten und Leasingverbindlichkeiten. Aufwendungen und Investitionen werden im Normalfall eigenfinanziert. Es wurden keine Investitionen durch Leasingverträge finanziert. Sämtliche finanziellen Verbindlichkeiten sind durch flüssige Mittel und durch beim Bund angelegte, kurzfristig verfügbare Geldanlagen gedeckt. Das Liquiditätsrisiko ist gering.

## Maximales Ausfallrisiko

TCHF	Total	Bund	Europäische Kommission FRP *	SNF, Innosuisse, Sozialwerke AHV, Suva	SNB und Banken mit Staatsgarantie	PostFinance und übrige Banken	Übrige Gegenparteien
<b>31.12.2021</b>							
Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen	105 575	93 055	–	–	–	12 520	–
Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen	77 861	9 708	12 619	31 700	–	–	23 834
Forderungen mit zurechenbaren Gegenleistungen	3 151	243	–	–	–	–	2 908
Finanzanlagen und Darlehen	46 847	45 929	–	–	–	–	917
Aktive Rechnungsabgrenzungen	982	98	–	–	–	–	884
<b>Total</b>	<b>234 415</b>	<b>149 033</b>	<b>12 619</b>	<b>31 700</b>	<b>–</b>	<b>12 520</b>	<b>28 544</b>
<b>31.12.2020</b>							
<b>Total Vorperiode</b>	<b>212 442</b>	<b>140 918</b>	<b>14 782</b>	<b>25 105</b>	<b>–</b>	<b>17 499</b>	<b>14 139</b>

\* Die Restforderungen gegenüber dem Bund (Staatssekretariat für Bildung, Forschung und Innovation SBFI) aus dem Überbrückungsprogramm für Horizon 2020 und die Forderungen gegenüber europäischen Universitäten, die aus EU-Forschungsrahmenprogrammen entstanden sind, werden in der Spalte Europäische Kommission ausgewiesen.

## Vertragliche Fälligkeiten der finanziellen Verbindlichkeiten

TCHF	Total Buchwert	Total Vertragswert	bis 1 Jahr	1–5 Jahre	über 5 Jahre
<b>31.12.2021</b>					
<b>Nicht derivative finanzielle Verbindlichkeiten</b>					
Laufende Verbindlichkeiten	3 510	3 510	3 510	–	–
Leasingverbindlichkeiten	–	–	–	–	–
Finanzverbindlichkeiten	–	–	–	–	–
Passive Rechnungsabgrenzungen	2 743	2 743	2 743	–	–
<b>Derivative finanzielle Verbindlichkeiten</b>					
<b>Total</b>	<b>6 253</b>	<b>6 253</b>	<b>6 253</b>	<b>–</b>	<b>–</b>
<b>31.12.2020</b>					
<b>Total Vorperiode</b>	<b>9 089</b>	<b>9 089</b>	<b>9 089</b>	<b>–</b>	<b>–</b>

## Sensitivität Fremdwährungsrisiko

TCHF	Total	CHF	EUR
<b>Währungsbilanz netto</b>	<b>153 886</b>	<b>151 501</b>	<b>2 306</b>
Erfolgswirksame Sensitivität +/- 10 %			231
Stichtagskurs			1.0359

31.12.2021					31.12.2020	
USD	Übrige	Total	CHF	EUR	USD	Übrige
<b>104</b>	<b>-25</b>	<b>150 405</b>	<b>145 580</b>	<b>4 054</b>	<b>773</b>	<b>-2</b>
10				405	77	
0.9107				1.0817	0.8840	

## Marktrisiko

### Zins- und Kursrisiko

Das Zinsrisiko wird nicht abgesichert. Eine Zu- oder Abnahme des Zinssatzes um einen Prozentpunkt würde das Ergebnis um rund 0.6 Mio. Franken erhöhen bzw. senken.

Gestützt auf Art. 34c Abs. 2 des ETH-Gesetzes (SR 414.110) hat der ETH-Rat die Anlagerichtlinien erlassen, die per 1. Januar 2008 in Kraft gesetzt worden sind. Darauf basiert die Anlagestrategie der Empa vom 20. August 2009.

### Fremdwährungsrisiko

Die Forderungen und Verpflichtungen in Fremdwährungen sind mehrheitlich in Euro und US-Dollar. Diese werden nicht mit Derivaten abgesichert. Eine Kursschwankung dieser beiden Währungen von +/- 10 % hätte folgenden Effekt auf die Erfolgsrechnung: +/- 0.2 Mio. Franken.

## Kapitalmanagement

Als verwaltetes Kapital wird das Eigenkapital ohne die Bewertungsreserven bezeichnet. Die Empa strebt eine solide Eigenkapitalbasis an. Diese Basis ermöglicht es, die Umsetzung der strategischen Ziele sicherzustellen. Gemäss gesetzlichen Vorgaben darf die Empa keine Gelder am Kapitalmarkt aufnehmen.

### Schätzung der Verkehrswerte

Aufgrund der kurzfristigen Fälligkeit entsprechen der Buchwert der flüssigen Mittel und kurzfristigen Geldanlagen sowie die Buchwerte der kurzfristigen Darlehensguthaben, Festgelder, Forderungen und der laufenden Verbindlichkeiten einer angemessenen Schätzung des Verkehrswerts.

Der Verkehrswert der langfristigen Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen und der langfristigen Darlehen wird aufgrund der künftig fälligen Zahlungen berechnet, die zu Marktzinssätzen diskontiert werden.

Der Verkehrswert der zur Veräusserung verfügbaren Finanzanlagen basiert auf tatsächlichen Werten, wenn diese zuverlässig bestimmbar sind, oder er entspricht den Anschaffungskosten.

## Klassen und Kategorien von Finanzinstrumenten nach Buch- und Verkehrswerten

TCHF	Darlehen und Forderungen	Erfolgswirksam zum Verkehrswert	Zur Veräusserung verfügbar	Finanzielle Verbindlichkeiten zu Anschaffungskosten	Total	Total
					Buchwert	Verkehrswert
31.12.2021						
Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen	105 575				105 575	105 575
Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen	77 861				77 861	77 861
Forderungen mit zurechenbaren Gegenleistungen	3 151				3 151	3 151
Finanzanlagen und Darlehen	46 459	–	388		46 847	46 847
Aktive Rechnungsabgrenzungen	982				982	982
Finanzielle Verbindlichkeiten*	–	–	–	6 253	6 253	6 253
31.12.2020						
Finanzvermögen**	212 204	–	238	–	212 442	212 442
Finanzielle Verbindlichkeiten*	–	–	–	9 089	9 089	9 089

\* Laufende Verbindlichkeiten, Leasingverbindlichkeiten, Finanzverbindlichkeiten, Passive Rechnungsabgrenzungen

\*\* Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen, Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen, Forderungen mit zurechenbaren Gegenleistungen, Finanzanlagen und Darlehen, Aktive Rechnungsabgrenzungen

Die Empa hat keine finanziellen Vermögenswerte, die bis zur Endfälligkeit gehalten werden.

## Hierarchiestufen für die Verkehrswerte

TCHF	31.12.2021			31.12.2020				
	Buchwert/ Verkehrswert	Level 1	Level 2	Level 3	Buchwert/ Verkehrswert	Level 1	Level 2	Level 3
Finanzanlagen	388	–	–	388	238	–	–	238
Finanzverbindlichkeiten	–	–	–	–	–	–	–	–



## 29 Finanzielle Zusagen

TCHF	31.12.2021	31.12.2020	Veränderung absolut
Finanzielle Zusagen bis 1 Jahr	4 319	4 663	- 344
Finanzielle Zusagen zwischen 1 und 5 Jahre	370	30	340
Finanzielle Zusagen grösser als 5 Jahre	-	-	-
Ohne Fälligkeit / unbestimmt	-	-	-
<b>Total Finanzielle Zusagen</b>	<b>4 689</b>	<b>4 693</b>	<b>-4</b>

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

Es handelt sich dabei vor allem um bereits in 2021 getätigte Bestellungen u. a. für Versicherungsleistungen, Material- und Gerätebeschaffungen.

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

## 30 Operatives Leasing

TCHF	2021	2020*	Veränderung absolut
<b>Fälligkeiten</b>			
Fälligkeiten bis 1 Jahr	1 763	1 742	21
Fälligkeiten von 1 bis 5 Jahren	5 510	1 924	3 587
Fälligkeiten von mehr als 5 Jahren	-	-	-
<b>Künftige Mindestleasingzahlungen aus unkündbarem operativem Leasing per 31.12.</b>	<b>7 273</b>	<b>3 666</b>	<b>3 608</b>
<b>Leasingaufwand</b>			
Mindestleasingzahlungen	1 817	1 870	-53
<b>Zusätzliche Informationen</b>			
<b>Ertrag aus Untermietverhältnissen*</b>	-	-	-
Zukünftige Erträge aus Untermieten (aus unkündbaren Mietverträgen)	-	-	-

\* Im Finanzbericht 2020 wurde der Ertrag aus Untermietverhältnissen innerhalb des Leasingaufwands der Periode ausgewiesen

Für die Empa existiert u. a. ein langfristiger Mietvertrag mit solidarischer Haftung der Eawag für das Gästehaus bis 2027 mit einem Restvolumen von 5.0 Mio. Des Weiteren besteht für den Standort Thun ein Vertrag mit einer Jahresmiete von 0.5 Mio. bis 2023.

### 31 Vergütungen an Schlüsselpersonen des Managements

TCHF	2021	2020	Veränderung absolut
Direktion	2 316	2 274	42

### Schlüsselpersonen

Vollzeitstellen	2021	2020	Veränderung absolut
Direktion	7	7	–

Die Schlüsselpersonen des Managements umfassen alle Mitglieder der Direktion der Empa.

### 32 Beziehungen zu beherrschten und assoziierten Einheiten

Die Empa hat keine Beziehungen zu beherrschten und assoziierten Einheiten.

### 33 Ereignisse nach dem Bilanzstichtag

Die Rechnung der Empa wurde vom Direktor und der Leiterin Finanzen/Controlling/Einkauf der Empa am 28. Februar 2022 genehmigt. Bis zu diesem Datum sind keine wesentlichen Ereignisse eingetreten, die eine Offenlegung im Rahmen der Rechnung der Empa per 31. Dezember 2021 oder deren Anpassung erforderlich gemacht hätten.

## Bericht der Revisionsstelle

an den Direktor der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Dübendorf

### Bericht zur Prüfung der Jahresrechnung

#### Prüfungsurteil

Wir haben die Jahresrechnung der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) – bestehend aus der Erfolgsrechnung 2021, der Bilanz zum 31. Dezember 2021, dem Eigenkapitalnachweis und der Geldflussrechnung für das dann endende Jahr sowie dem Anhang zur Jahresrechnung, einschliesslich einer Zusammenfassung bedeutensamer Rechnungslegungsmethoden – geprüft.

Nach unserer Beurteilung vermittelt die Jahresrechnung (Seiten 76 bis 138) ein den tatsächlichen Verhältnissen entsprechendes Bild der Vermögens- und Finanzlage der EMPA zum 31. Dezember 2021 sowie deren Ertragslage und Cashflows für das dann endende Jahr in Übereinstimmung mit den International Public Sector Accounting Standards (IPSAS). Sie entspricht den gesetzlichen Vorschriften und dem Rechnungslegungshandbuch für den ETH-Bereich.

#### Grundlage für das Prüfungsurteil

Wir haben unsere Prüfung in Übereinstimmung mit dem schweizerischen Gesetz, den International Standards on Auditing (ISA), den Schweizer Prüfungsstandards (PS) und gemäss Artikel 35afer des Bundesgesetzes über die Eidgenössischen Technischen Hochschulen (SR 414.110) durchgeführt. Unsere Verantwortlichkeiten nach diesen Vorschriften und Standards sind im Abschnitt „Verantwortlichkeiten der Revisionsstelle für die Prüfung der Jahresrechnung“ unseres Berichts weitergehend beschrieben. Wir sind in Übereinstimmung mit dem Finanzkontrollgesetz (SR 614.0) und den Anforderungen des Berufsstands von der EMPA unabhängig und haben unsere sonstigen beruflichen Verhaltenspflichten in Übereinstimmung mit diesen Anforderungen erfüllt.

Wir sind der Auffassung, dass die von uns erlangten Prüfungsnachweise ausreichend und geeignet sind, um als Grundlage für unser Prüfungsurteil zu dienen.

#### *Übrige Informationen im Geschäftsbericht*

Die Geschäftsleitung der EMPA ist für die übrigen Informationen im Geschäftsbericht verantwortlich. Die übrigen Informationen umfassen alle im Geschäftsbericht dargestellten Informationen, mit Ausnahme der Jahresrechnung und unserem dazugehörigen Bericht.

Die übrigen Informationen im Geschäftsbericht sind nicht Gegenstand unseres Prüfungsurteils zur Jahresrechnung und wir machen keine Prüfungsaussage zu diesen Informationen.

Im Rahmen unserer Prüfung der Jahresrechnung ist es unsere Aufgabe, die übrigen Informationen zu lesen und zu beurteilen, ob wesentliche Unstimmigkeiten zur Jahresrechnung oder zu unseren Erkenntnissen aus der Prüfung bestehen oder ob die übrigen Informationen anderweitig wesentlich falsch dargestellt erscheinen. Falls wir auf der Basis unserer Arbeiten zu dem Schluss gelangen, dass eine wesentliche falsche Darstellung der übrigen Informationen vorliegt, haben wir darüber zu berichten. In diesem Zusammenhang verweisen wir auf den Abschnitt „Bericht zu sonstigen gesetzlichen und anderen rechtlichen Anforderungen“ am Ende dieses Berichts.

#### *Verantwortlichkeiten der Geschäftsleitung der EMPA für die Jahresrechnung*

Die Geschäftsleitung der EMPA ist verantwortlich für die Aufstellung einer Jahresrechnung, die in Übereinstimmung mit den IPSAS und den gesetzlichen Vorschriften (Verordnung über den ETH-Bereich, SR 414.110.3; Verordnung über das Finanz- und Rechnungswesen des ETH-Bereichs, SR 414.123; Rechnungslegungshandbuch für den ETH-Bereich) ein den tatsächlichen Verhältnissen entsprechendes Bild vermittelt, und für die internen Kontrollen, die die Geschäftsleitung der EMPA als notwendig feststellt, um die Aufstellung einer Jahresrechnung zu ermöglichen, die frei von wesentlichen – beabsichtigten oder unbeabsichtigten – falschen Darstellungen ist.

Bei der Aufstellung der Jahresrechnung ist die Geschäftsleitung der EMPA dafür verantwortlich, die Fähigkeit der EMPA zur Fortführung der Geschäftstätigkeit zu beurteilen und Sachverhalte in Zusammenhang mit der Fortführung der Geschäftstätigkeit – sofern zutreffend – anzugeben.

#### *Verantwortlichkeiten der Revisionsstelle für die Prüfung der Jahresrechnung*

Unsere Ziele sind, hinreichende Sicherheit darüber zu erlangen, ob die Jahresrechnung als Ganzes frei von wesentlichen – beabsichtigten oder unbeabsichtigten – falschen Darstellungen ist, und einen Bericht abzugeben, der unser Prüfungsurteil beinhaltet. Hinreichende Sicherheit ist ein hohes Mass an Sicherheit, aber keine Garantie dafür, dass eine in Übereinstimmung mit dem schweizerischen Gesetz, den ISA sowie den PS durchgeführte Prüfung eine wesentliche falsche Darstellung, falls eine solche vorliegt, stets aufdeckt. Falsche Darstellungen können aus dolosen Handlungen oder Irrtümern resultieren und werden als wesentlich angesehen, wenn von ihnen einzeln oder insgesamt vernünftigerweise erwartet werden könnte, dass sie die auf der Grundlage dieser Jahresrechnung getroffenen wirtschaftlichen Entscheidungen von Nutzern beeinflussen.

Als Teil einer Prüfung in Übereinstimmung mit dem schweizerischen Gesetz, den ISA sowie den PS üben wir während der gesamten Prüfung pflichtgemässes Ermessen aus und bewahren eine kritische Grundhaltung. Darüber hinaus:

- identifizieren und beurteilen wir die Risiken wesentlicher – beabsichtigter oder unbeabsichtigter – falscher Darstellungen in der Jahresrechnung, planen und führen Prüfungshandlungen als Reaktion auf diese Risiken durch sowie erlangen Prüfungsnachweise, die ausreichend und geeignet sind, um als Grundlage für unser Prüfungsurteil zu dienen. Das Risiko, dass aus dolosen Handlungen resultierende wesentliche falsche Darstellungen nicht aufgedeckt werden, ist höher als ein aus Irrtümern resultierendes, da dolose Handlungen betrügerisches Zusammenwirken, Fälschungen, beabsichtigte Unvollständigkeiten, irreführende Darstellungen oder das Ausserkraftsetzen interner Kontrollen beinhalten können.
- gewinnen wir ein Verständnis von dem für die Prüfung relevanten internen Kontrollsystem, um Prüfungshandlungen zu planen, die unter den gegebenen Umständen angemessen sind, jedoch nicht mit dem Ziel, ein Prüfungsurteil zur Wirksamkeit des internen Kontrollsystems der EMPA abzugeben.
- beurteilen wir die Angemessenheit der angewandten Rechnungslegungsmethoden sowie die Vertretbarkeit der dargestellten geschätzten Werte in der Rechnungslegung und damit zusammenhängenden Angaben.
- schlussfolgern wir über die Angemessenheit der Anwendung des Rechnungslegungsgrundsatzes der Fortführung der Geschäftstätigkeit durch die Geschäftsleitung der EMPA sowie auf der Grundlage der erlangten Prüfungsnachweise, ob eine wesentliche Unsicherheit im Zusammenhang mit Ereignissen oder Gegebenheiten besteht, die bedeutsame Zweifel an der Fähigkeit des Instituts zur Fortführung der Geschäftstätigkeit aufwerfen kann. Falls wir die Schlussfolgerung treffen, dass eine wesentliche Unsicherheit besteht, sind wir verpflichtet, in unserem Bericht auf die dazugehörigen Angaben im Anhang der Jahresrechnung aufmerksam zu machen oder, falls diese Angaben unangemessen sind, unser Prüfungsurteil zu modifizieren. Wir ziehen unsere Schlussfolgerungen auf der Grundlage der bis zum Datum unseres Berichts erlangten Prüfungsnachweise. Zukünftige Ereignisse oder Gegebenheiten können jedoch die Abkehr der EMPA von der Fortführung der Geschäftstätigkeit zur Folge haben.
- beurteilen wir die Gesamtdarstellung, den Aufbau und den Inhalt der Jahresrechnung einschliesslich der Angaben im Anhang sowie, ob die Jahresrechnung die zugrunde liegenden Geschäftsfälle und Ereignisse in einer Weise wiedergibt, dass eine sachgerechte Gesamtdarstellung erreicht wird.
- erlangen wir ausreichende geeignete Prüfungsnachweise zu den Finanzinformationen der Einheiten oder Geschäftstätigkeiten innerhalb der EMPA, um ein Prüfungsurteil zur Jahresrechnung abzugeben. Wir sind verantwortlich für die Anleitung, Überwachung und Durchführung der Prüfung der Jahresrechnung. Wir tragen die Alleinverantwortung für unser Prüfungsurteil.

Wir tauschen uns mit dem Prüfungsausschuss des ETH-Rats und der Geschäftsleitung der EMPA aus, unter anderem über den geplanten Umfang und die geplante zeitliche Einteilung der Prüfung sowie über bedeutsame Prüfungsfeststellungen, einschliesslich etwaiger bedeutsamer Mängel im internen Kontrollsystem, die wir während unserer Prüfung erkennen.

#### Bericht zu sonstigen gesetzlichen und anderen rechtlichen Anforderungen

In Übereinstimmung mit dem Finanzkontrollgesetz und dem Schweizer Prüfungsstandard 890 bestätigen wir, dass ein gemäss den Vorgaben des ETH-Rats ausgestaltetes internes Kontrollsystem für die Aufstellung der Jahresrechnung existiert.

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

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

Wir empfehlen, die vorliegende Jahresrechnung zu genehmigen.

Bern, 28. Februar 2022

EIDGENÖSSISCHE FINANZKONTROLLE



Regula Durrer  
Zugelassene  
Revisionsexpertin



David Ingen Housz  
Zugelassener  
Revisionsexperte

- 4 -

## Empa – The Place where Innovation Starts

Empa  
[www.empa.ch](http://www.empa.ch)

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

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

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

 **Empa**  
Materials Science and Technology