

# Jahresbericht 2020



**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:** Forschende der Empa und der ETH Zürich konnten ein nanostrukturiertes Material herstellen, das wie ein leuchtender Solarkonzentrator funktioniert und auf Textilien aufgebracht werden kann. Eine Jacke kann so zum Stromlieferanten werden, etwa zum Laden von Smartphones und anderem.

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

© Empa 2021 – ISSN 1424-2176 Jahresbericht Empa



Gedruckt auf 100% Recyclingpapier



## Auch mit Corona enorm viel bewirkt

Im vergangenen Jahr ist wohl kaum etwas wie geplant über die Bühne gegangen – und schon gar nichts beim Alten geblieben: Corona hat uns gleich zu Beginn mehrfach herausgefordert und auch über den Rest des Jahres auf Trab gehalten. Es war für uns an der Empa von Anfang an klar, dass wir unsere Mitarbeitenden schützen mussten, um unsere Aufgaben bestmöglich wahrnehmen zu können. Ein völliger Shutdown als Folge der Bedrohung durch das SARS-CoV-2-Virus war nie eine Option. Wohl aber die sofortige Einführung eines effizienten Schutzkonzeptes und die umfassende Schulung aller Mitarbeitenden.

Zunächst waren die zahlreichen Anfragen zum Thema Schutzmasken eine Herausforderung, denn vieles war anfangs noch unklar. Die rasch entwickelten und transferierten Testverfahren waren der Anfang, die Arbeit mit zahlreichen Industriepartnern und im Rahmen der COVID-19-Taskforce die konsequente Weiterentwicklung. Zahlreiche MEM- und Chemie-Firmen haben ihre Arbeiten in EU- und Innosuisse-Projekten, aber auch in direkter Zusammenarbeit mit der Empa vorangetrieben. Demzufolge konnten wir 2020 einen neuen Rekord bei den Industriezusammenarbeiten verzeichnen. Aber auch die wissenschaftlichen Publikationen der Empa-Forschenden sind mit über 850 auf einen neuen Höchstwert angestiegen. Der «Innovationsmotor» Empa hat also aufs Neue gezündet.

Dabei hat uns der verstärkte Fokus auf die datenbasierte Wissenschaft bei der Erforschung des atomaren Verständnisses der Materialien sowie im Bereich «Machine Learning» und «Digitale Zwillinge» weitere wichtige Dimensionen erschlossen. Weit über 20 Prozent unserer Forschenden arbeiten an diesen Konzepten – und stossen auf zunehmendes Interesse bei unseren externen Partnern.

Leider mussten wir letztes Jahr schweren Herzens unser 140-Jahre-Jubiläum mit dem geplanten Tag der offenen Tür absagen; dafür konnten wir ein lange gehegtes Buchprojekt erfolgreich abschliessen: «Viel mehr als Materialien – Eine kurze Geschichte der Empa» zeigt unsere Transition zum modernen Forschungsinstitut, ist aber gleichzeitig eine Art Zwischenstopp auf dem Weg in die Zukunft.

Eine Zukunft, die wir in unserem Entwicklungsplan für die kommenden vier Jahre gemeinsam mit unseren zahlreichen Leistungsträgern entwickelt und definiert haben. Dazu gehören neben der Erforschung nachhaltiger, resilienter Materialien und Technologien, bei denen der Mensch im Mittelpunkt steht, auch die Entwicklung eines zukunftsweisenden Empa-Campus in Dübendorf mit «netto null» CO<sub>2</sub>-Ausstoss als Leuchtturmprojekt für die Energie- und Klimawende. In diesem Jahr startet die erste Etappe mit einem neuen Labor- und einem Multifunktionsgebäude. Damit wir unsere Technologien mit der nächsten Generation der Empa-Forschenden mit vollem Elan zum Wohle der Schweiz weiter vorantreiben können.

*Prof. Dr. Gian-Luca Bona* Direktor

# Das Jahr im Rückblick



### Drei ERC-Grants an Empa-Forschende

Gleich drei Empa-Forschende, darunter zwei Frauen, durften sich letztes Jahr über einen ERC Grant des European Research Council freuen. Einer der begehrten ERC Consolidator Grants ging an die Empa-Forscherin Dorina Opris (rechts). Dank dem mit rund zwei Millionen Euro dotierten Preis kann die Forscherin über die nächsten fünf Jahre ihre Forschungsgruppe im Bereich neuartiger Polymere zur Energieumwandlung weiter ausbauen. Marianne Liebi und Bruno Schuler erhielten je einen ERC Starting Grant für besonders talentierte Nachwuchsforschende, um in den kommenden Jahren einen eigenen Forschungsbereich aufzubauen. Schuler forscht an fundamentalen Bausteinen für die Quanten-Informationstechnologie. Marianne Liebi entwickelt eine neue Methodik, um die Nanostrukturen von Materialien zu untersuchen, ohne sie dabei direkt zu betrachten.

### Aerogel – Mikro-Baustoff der Zukunft

Aerogel ist ein hervorragender Wärmeisolator. Bislang wird er jedoch vor allem im Grossmassstab eingesetzt, etwa in der Umwelttechnik, bei physikalischen Experimenten oder in der industriellen Katalyse. Forschern der Empa, der ETH Zürich und des Paul Scherrer Instituts (PSI) ist es gelungen, Aerogele auch für Mikroelektronik und Feinmechanik zugänglich zu machen: Mittels 3D-Druck konnten die Forschenden kleinste Teile aus Silica-Aerogel und Silica-Komposit-Werkstoffen mit hoher Präzision herstellen. Dies eröffnet zahlreiche neue Anwendungsmöglichkeiten in der Hightech-Industrie, etwa in Mikroelektronik, Robotik, Biotechnologie und Sensorik.



### Schweizer Carbon-Seile halten Stuttgarter Stadtbahnbrücke

Ein weiterer Meilenstein für einen äusserst vielfältigen Werkstoff mit Schweizer Wurzeln: Im Mai 2020 wurde eine 127 Meter lange Eisenbahnbrücke über die Autobahn A8 bei Stuttgart geschoben. Deren 72 Hänge-seile bestehen komplett aus kohlenstoffaserverstärktem Kunststoff (CFK). Dieser ultraleichte und trotzdem enorm stabile Werkstoff wurde massgeblich an der Empa entwickelt und kommt seither in immer mehr Bauwerken weltweit zum Einsatz.



### Hitzeinseln in Städten – Jeder Baum zählt

Sommerliche Hitzewellen werden häufiger, in den Städten entstehen vermehrt Hitzeinseln. Kann man kühle Orte schaffen, die dieser Tendenz entgegenwirken? Ein Simulationsprogramm der Empa kann detailliert voraussagen, welcher Bodenbelag und welche Begrünung die besten Erfolge versprechen. Am Beispiel des Münsterhofs in Zürich – eine klassische Hitzeinsel – haben Forscher dies durchgespielt. Ihre Berechnungen zeigen, dass die Temperaturen auf dem Münsterhof deutlich tiefer lägen, wäre der Platz nicht gepflastert, sondern mit Erde und Gras bedeckt. Über Nacht würde der Boden dadurch stärker abkühlen und tagsüber weniger Wärme speichern. Eine Begrünung wie jene im Rahmen eines Kunstprojekts im Sommer 2019 könnte also Abhilfe gegen überhitzte Städte schaffen. Bild: Peter Baracchi

### Platin-Katalysator hält Früchte länger frisch

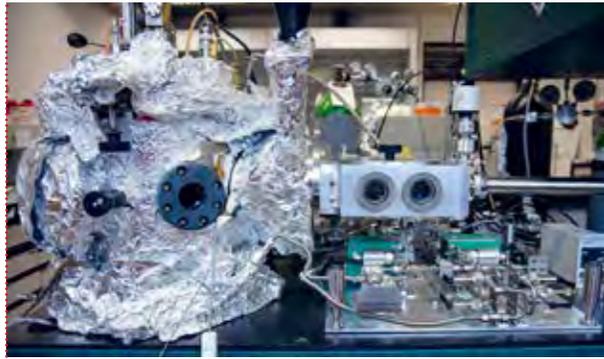
Wird Gemüse zusammen mit Früchten gelagert, so beeinflussen diese sich im Reifeprozess gegenseitig. Schuld daran ist das von einigen Sorten abgegebene Ethen, das die Fruchtreife beschleunigt. Um ein vorschnelles Verderben zu verhindern, entwickelten Forschende der Empa und der ETH Zürich einen Katalysator, der das Pflanzenhormon in Wasser und Kohlendioxid zersetzt. Als Grundlage dient eine delignifizierte Holzstruktur, die mit einem atomar verteilten Katalysator auf Platin-Basis ausgestattet wird. Strömt das Ethen durch die poröse Struktur, trifft es immer wieder auf katalytisch aktive Platinpartikel. Das Team konnte zeigen, dass der Katalysator bei Raumtemperatur nahezu das gesamte ausgestossene Ethen zersetzt. Grössere Katalysatoren könnten in Kühlschränken und Kühlhäusern verbaut werden und so den Reifeprozess von Früchten und Gemüse verlangsamen.



### Umweltschäden mit Drohnen erkennen

Das ökologische Gleichgewicht des Waldes im Auge zu behalten, ist nicht ganz einfach. Ein Forscherteam der Empa und des Imperial College London hat Drohnen entwickelt, die Bäume mit Sensoren ausrüsten, um Umweltschäden zu erkennen. Dazu sind die Drohnen mit Kameras und einer Abschussvorrichtung für Sensorpfeile ausgestattet. Dank Formgedächtnis-Metallen – Materialien, die auf Hitze reagieren und nach einer Verformung in ihre Ausgangsstruktur zurückfinden – lässt sich das Abschiessen der Pfeile steuern. Ausserdem können die Drohnen selbst Daten sammeln. Bei Flugexperimenten an der Empa konnten die Forscher die Fähigkeiten der Drohnen bereits testen. Derzeit steuern noch Menschen die Drohnen. In einem nächsten Schritt sollen die Flugroboter lernen, ihre Arbeit autonom auszuführen, um diese auch an abgelegenen Orten zu verrichten.





### Grosser Schritt mit kleinen Wirbeln

Skymionen sind magnetische Objekte, die die Datenspeicher und Computerarchitektur der Zukunft revolutionieren könnten. Bevor sie in technischen Anwendungen zu finden sein werden, gilt es jedoch, noch einige Hürden zu überwinden. Einem Forscherteam der Empa gelang es nun erstmals, ein komplexes Multilagenschichtsystem herzustellen, in dem zwei verschiedene Skymionen – die künftigen Bits für «0» und «1» – bei Raumtemperatur existieren können. Mit dem Magnetkraftmikroskop wurden verschiedene dieser Multilagen miteinander verglichen, um herauszufinden, in welchen Schichten die unterschiedlichen Skymionen vorkommen. Zudem bestätigten mikromagnetische Computersimulationen die Ergebnisse. Ein grosser Schritt in Richtung Umsetzbarkeit sei damit gemacht, sind die Forschenden überzeugt, denn: Die mittels Sputter-Technologie gefertigten Multilagen sind prinzipiell auch industriell herstellbar.

### Wenn die Jacke Solarstrom liefert

Einem Forscherteam der Empa und der ETH Zürich ist es gelungen, ein Material herzustellen, das wie ein leuchtender Solarkonzentratoren funktioniert und auf Textilien aufgebracht werden kann, ohne dass das Textil brüchig und anfällig für Risse wird oder sich Wasserdampf in Form von Schweiß im Innern anstaut. Die Leuchtstoffe fangen ein deutlich breiteres Spektrum an Lichtstrahlen ein, als es mit konventioneller Photovoltaik möglich ist. Am Körper getragene Solarzellen bieten einen immensen Nutzen für den immer grösser werdenden Bedarf an Energie, insbesondere für tragbare Geräte.



### Sichere Diagnostik für Mutter und Kind

Als besonders gefürchtete Komplikation bedroht die Schwangerschaftsvergiftung (Präeklampsie) das Leben von Mutter und Kind. Eine korrekte Diagnose ist bisher zeitraubend und ungenau und basiert auf körperlichen Veränderungen, die bereits Folge der Präeklampsie sind: Blutdruck und bestimmte Eiweisse im Urin der Mutter. Beides muss aber nicht zwingend für eine Präeklampsie sprechen und sorgt so für überflüssige Spitalaufenthalte oder gar Fehlbehandlungen. Das Empa-Spin-off «MOMM Diagnostics» entwickelte einen schnellen und präzisen Test, der früh Klarheit schafft und so Gesundheitskosten spart. Der Test analysiert zwei spezifische Biomarker im Blut der Mutter. Das Elegante daran: Der winzige Biosensor ist auf einen Papierstreifen gedruckt. Ein Tropfen Blut aus dem Finger der Mutter reicht aus, um die Moleküle zu detektieren.



### Nanosicherheitsforschung ohne Tierversuche

Mithilfe von Zellkulturen und Mikroorganismen lassen sich viele Tierversuche in der Forschung vermeiden. Um deren Zahl weiter zu senken, suchen Forschende nach Alternativen. Will man die Unbedenklichkeit von Substanzen, die noch wenig erforscht sind, sicherstellen, ist dies allerdings eine Herausforderung. Das gilt besonders für Nanomaterialien. Ein Empa-Team entwickelt Methoden, mit denen dies gelingen kann; die Forscher kombinieren dazu Experimente im Reagenzglas mit Computer-Modellen.



### Wie gefährlich sind brennende Elektroautos?

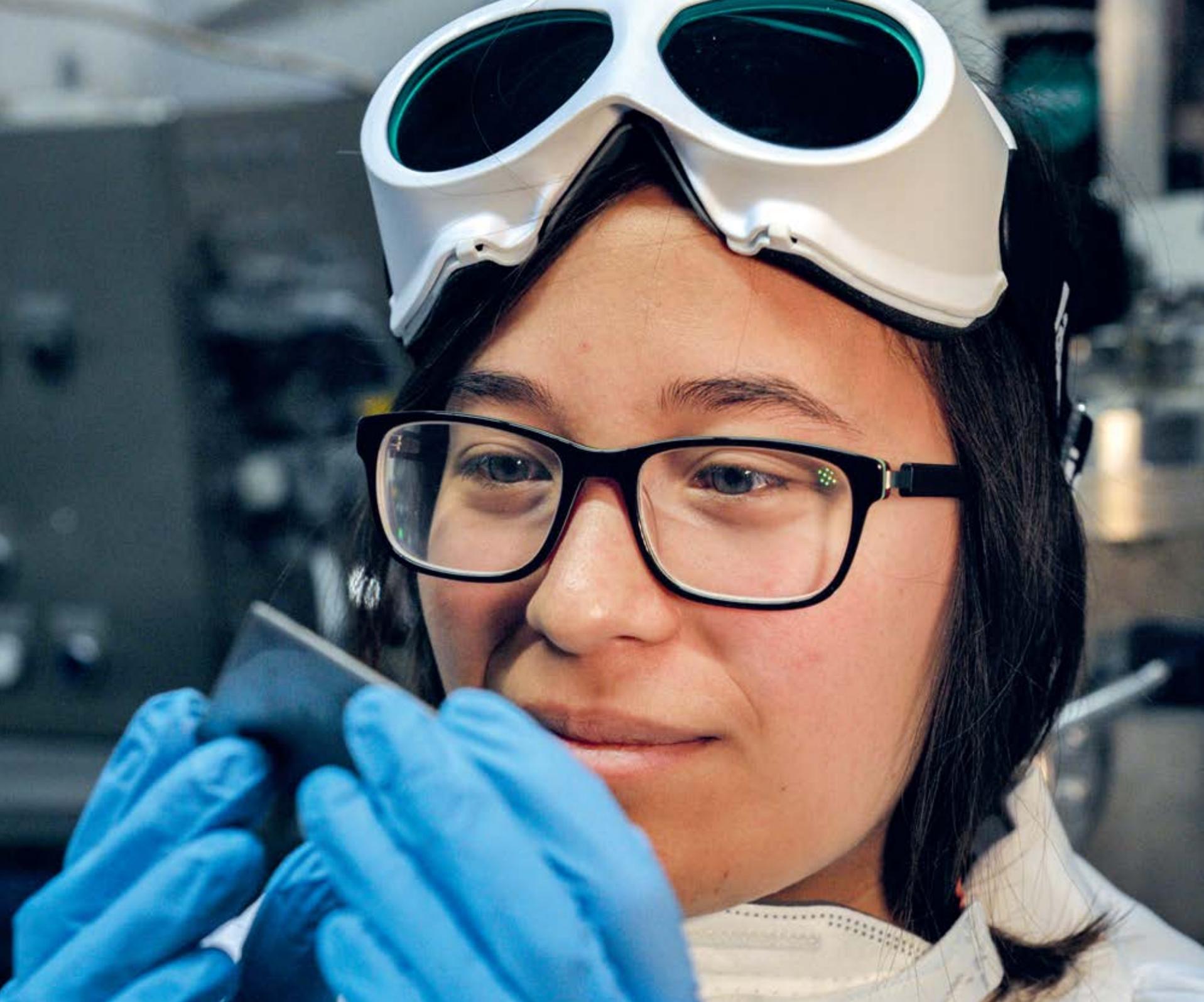
In einem Versuchsstollen setzten Empa-Forscher gemeinsam mit Tunnelsicherheitsexperten Batteriezellen von Elektroautos in Brand, um drei Szenarien eines Elektroauto-Brandes realitätsnah zu untersuchen: Brand in einem geschlossenen Raum, in einem Raum mit Sprinklern und in einem Tunnel mit Ventilationsanlage. Danach analysierten sie die Verteilung von Russ und Rauchgasen sowie die chemischen Rückstände im Löschwasser. Fazit: Brennende Elektroautos sind bezüglich Hitzeentwicklung nicht gefährlicher als konventionelle Fahrzeuge. Problematischer ist indes das Löschwasser: Die Analysen ergaben, dass dessen chemische Belastung die Schweizer Grenzwerte weit übersteigt. Dieses hochbelastete Wasser sollte auf jeden Fall fachgerecht vorbehandelt werden, bevor es in die Kanalisation gelangt. Und auch die Sanierung nach dem Brand ist ein Job für Profis im Schutzzug. Bild: Istockphoto, trikolor



### Lithium-Ionen-Akkus zu 91 Prozent rezyklieren

Der Schweizer Elektrofahrzeughersteller Kyburz nahm 2020 eine Recyclinganlage in Betrieb, die Materialien aus Lithium-Ionen-Akkus grösstenteils zurückgewinnen kann. Die Anlage wurde in enger Zusammenarbeit mit Expertinnen und Experten der Empa konzipiert und erbaut. Wichtig war es, einen Recycling-Prozess zu entwickeln, der effizient, umweltschonend und sicher ist. Langfristiges Ziel ist es, alle von Kyburz je verbauten LiFePO<sub>4</sub>-Batterien wieder in ihre Ausgangsstoffe zu zerlegen. In der ersten Ausbaustufe sollen rund 4000 Zellen pro Jahr verarbeitet werden. Im Endausbau wird die Anlage eine Kapazität von bis zu 24 000 Zellen jährlich erreichen, was einer Jahresproduktion von 3000 Fahrzeugen entspricht. Bild: Werner Hauser.





## 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 erreichen möchte. Die folgenden «Snapshots» aus den Labors geben einen Einblick in die vielfältigen Forschungsaktivitäten der Empa.

# Der kleinste Motor der Welt

Ein Forschungsteam der Empa und der EPFL hat einen molekularen Motor entwickelt, der aus nur 16 Atomen besteht und sich zuverlässig in eine Richtung dreht. Er könnte die Energiegewinnung auf atomarer Ebene möglich machen. Das Besondere des Motors: Er bewegt sich exakt an der Grenze zwischen klassischer Bewegung und Quantentunneln – und hat den Forschenden im Quantenbereich rätselhafte Phänomene aufgezeigt.

Wie ein Motor im Grossformat besteht der aus 16 Atomen zusammengesetzte Motor aus einem Stator und einem Rotor, also einem fixen und einem beweglichen Teil. Der Rotor dreht sich auf der Oberfläche des Stators. Er kann dabei sechs unterschiedliche Positionen einnehmen. Damit ein Motor tatsächlich nützliche Arbeit verrichten kann, ist entscheidend, dass der Stator dem Rotor erlaubt, sich nur in eine Richtung zu bewegen.

## Die umgekehrte Rätsche

Dies geschieht genau umgekehrt wie bei einer Rätsche in der makroskopischen Welt mit ihrem asymmetrisch gezackten Zahnrad: Während die Sperrklinke bei einer Rätsche die flache Kante hochfährt und in Richtung der steilen Kante sperrt,

braucht die atomare Variante weniger Energie, um an der steilen Kante des Zahnrads hochzufahren, als an der flachen Kante. Die Bewegung in die «Sperrrichtung» ist daher bevorzugt und die Bewegung in «Laufrichtung» viel unwahrscheinlicher. Die Bewegung ist also praktisch nur in eine Richtung möglich.

Der Motor weist eine Drehrichtungstreue von 99 Prozent auf, was ihn von anderen ähnlichen molekularen Motoren unterscheidet. Damit öffnet der molekulare Motor einen Weg zur Energiegewinnung auf atomarer Ebene.

## Von der klassischen Physik zur Quantenwelt

Gemäss den Gesetzen der klassischen Physik gibt es eine Mindestenergiemenge, die notwendig ist, um den Rotor gegen den Widerstand der Rätsche in Bewegung zu setzen; reicht die zugeführte elektrische oder thermische Energie dafür nicht aus, müsste der Rotor stehen bleiben. Überraschenderweise konnten die Forschenden aber auch unterhalb dieser Grenze – bei Temperaturen unter 17 Kelvin ( $-256^{\circ}\text{C}$ ) beziehungsweise einer angelegten Spannung von unter 30 Millivolt – eine unabhängig gleichbleibende Rotationsfrequenz in eine Richtung beobachten.

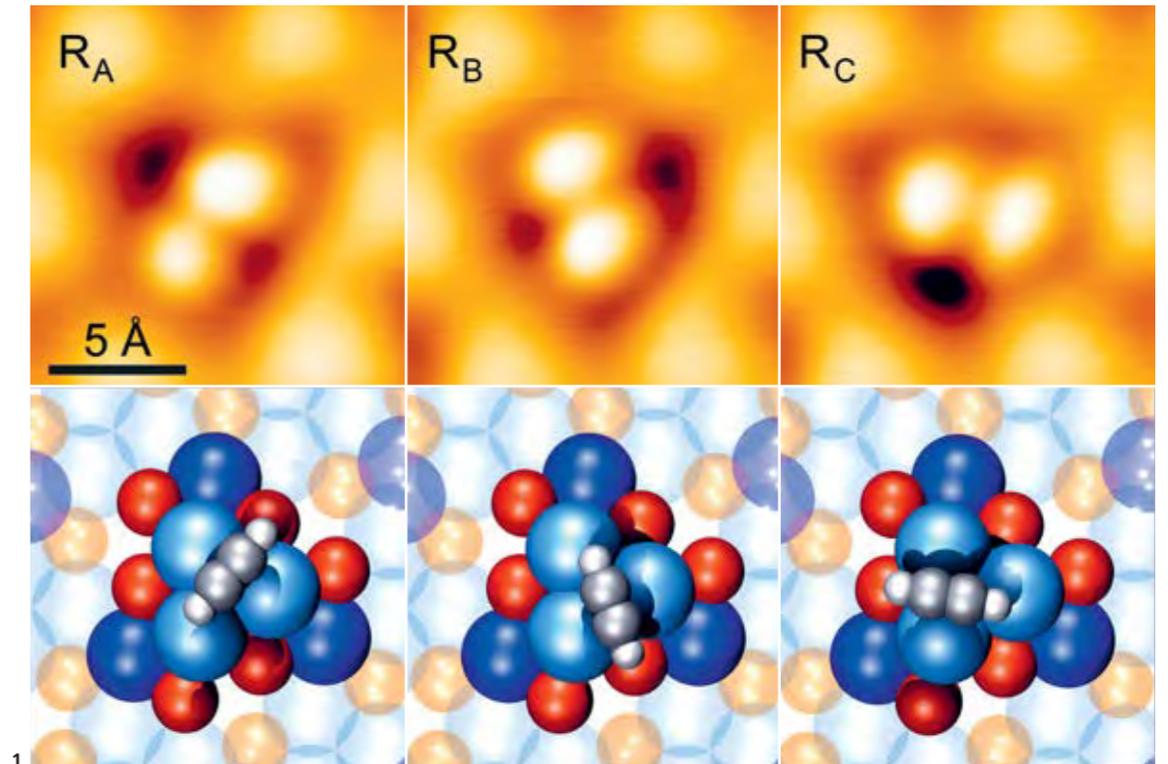
Dr. Oliver Gröning, [oliver.groening@empa.ch](mailto:oliver.groening@empa.ch)

## Erkenntnisse im Bereich Quantenphysik

In diesem Punkt befinden wir uns am Übergang von der klassischen Physik zur Quantenphysik. Laut deren Regeln können Teilchen «tunneln» – das heisst, der Rotor kann die Rätsche auch dann noch überwinden, wenn seine Bewegungsenergie im klassischen Sinn nicht ausreicht. Diese Tunnelbewegung verläuft normalerweise ohne jeglichen Energieverlust. Theoretisch müssten also in diesem Bereich beide Drehrichtungen gleich wahrscheinlich sein. Doch erstaunlicherweise dreht der Motor weiterhin mit 99-prozentiger Wahrscheinlichkeit in dieselbe Richtung.

Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik besagt, dass die Entropie in einem abgeschlossenen System niemals abnehmen kann. In anderen Worten: Wenn beim Tunneln keine Energie verloren geht, müsste die Drehrichtung des Motors rein zufällig sein. Dass die Drehung des Motors nach wie vor fast ausschliesslich in eine Richtung abläuft, deutet also darauf hin, dass auch bei der Tunnelbewegung ein Energieverlust stattfindet.

Die Empa-Forscher haben also nicht nur ein Spielzeug für Molekularbastler entwickelt, der Motor könnte es auch ermöglichen, die Energiedissipation bei Quantentunnelvorgängen zu untersuchen. //



1 Rastertunnelelektronenmikroskopische Aufnahmen (ca. 50-millionfache Vergrösserung) des hantelförmigen Acetylen-Rotor-Moleküls in drei verschiedenen Rotationszuständen. Die entsprechenden atomaren Strukturen von Stator (blau-rot) und Acetylen-Rotor (grau-weiss) sind darunter dargestellt.

**A**erogele sind atemberaubend: Obwohl Feststoffe, bestehen sie fast ausschliesslich aus Poren – nur ein Hauch von Material also, wie der Spitzname «gefrorener Rauch» treffend sagt. Forscher reizen nicht nur ihre bizarre Schönheit, sondern auch nützliche Eigenschaften wie eine extrem geringe Wärmeleitfähigkeit. Empa-Fachleute entwickelten mit dem Baustoff-Hersteller Fixit einen Aerogel-Dämmputz mit hohem Energie-spar-Potenzial – und wurden dafür bereits vor einigen Jahren mit dem Umweltpreis der Schweiz in der Kategorie «Innovation» belohnt.

Neben dem Bauwesen erobern Aerogel-Werkstoffe nun auch Technologien im Mikromassstab. Im vergangenen Jahr zeigten Empa-Forscher mit Kollegen der ETH Zürich und des Paul Scherrer Instituts (PSI) in der Zeitschrift «Nature» auf, wie sich 3-D-gedruckte Komponenten aus Silica-Aerogel und Silica-Komposit-Werkstoffen herstellen lassen.

Nur: In der Praxis zeigen solche Materialien ein sprödes Verhalten, weshalb sie im Grossmassstab meist mit Fasern oder Polymeren verstärkt werden. Aufgrund des Bruchverhaltens ist es nicht möglich, kleine Stücke aus einem Aerogel-Block herauszusägen oder zu fräsen. Auch das Erstarren von Aero-

gelen in miniaturisierten Gussformen gelingt nicht zuverlässig; das führt zu hohen Ausschussraten.

Dem Empa-Team gelang es jedoch, mithilfe eines 3-D-Druckers stabile Mikrostrukturen aus Silica-Aerogel herzustellen – bis zu einem Zehntelmillimeter dünn. Die Wärmeleitfähigkeit liegt bei knapp 16 mW/(m\*K): nur halb so gross wie die von Polystyrol und sogar deutlich kleiner als die einer unbewegten Luftschicht.

### Nachbearbeitung möglich

Zugleich weist das 3-D-gedruckte Aerogel bessere mechanische Eigenschaften auf und lässt sich sogar bohren und fräsen. Mit der Methode ist es nun möglich, die Fließ- und Erstarrungseigenschaften der silikatischen Tinte, aus der später das Aerogel entsteht, so exakt einzustellen, dass sowohl selbsttragende Strukturen als auch hauchdünne Membranen gedruckt werden können.

Solche Strukturen dürften es erlauben, auch kleinste elektronische Bauteile thermisch voneinander zu isolieren. Eine mögliche Anwendung wäre die Abschirmung von Wärmequellen im Inneren medizinischer Implantate, deren Oberflächentemperatur zum Schutz des Körpergewebes 37 Grad nicht übersteigen sollte.

Dr. Wim Malfait, wim.malfait@empa.ch

### Aerogel Architecture Award

Neben kleinteiligen Technologien treiben Empa-Fachleute auch Anwendungen im Bauwesen voran. Beispiel Ziegelsteine: Schon vor einigen Jahren entwickelten Empa-Forscher eine Paste mit Aerogel-Partikeln, die in die Hohlräume der Steine verfüllt wurde. Resultat: eine gleichwertige Wärmedämmung wie mit einer Füllung mit dem Vulkangestein Perlit, bei deutlich geringerer Mauerdicke. Unter dem Strich ein Raumgewinn – eine lohnende Idee, die derzeit weiterverfolgt wird.

Im Holzbau, wo vorgefertigte Elemente immer häufiger zum Einsatz kommen, soll der Hochleistungsdämmstoff ebenfalls schlankere Bauweisen erleichtern. Empa-Forscher arbeiten an der Gestaltung solcher Konstruktionen mit, die sich auch für Aufstockungen von bestehenden Häusern eignen dürften.

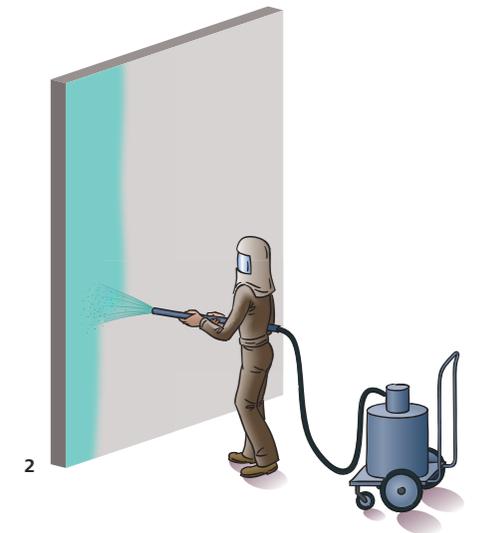
Um den energieeffizienten und klimaschonenden Einsatz von Aerogelen zu fördern, hat die Empa den «Aerogel Architecture Award» ins Leben gerufen. Die Siegerprojekte werden im Sommer 2021 an einem passenden Ort ausgezeichnet: im NEST auf dem Empa-Campus in Dübendorf. //



1

**1**  
Als Beispiel für überhängende Strukturen aus Silica-Aerogel druckten die Forscher Blätter und Blüten einer Lotusblume.

**2**  
Der Aerogel-Hochleistungsdämmputz wird mit der Verputzmaschine aufgespritzt und danach glatt gezogen.



2

## Mit digitalen Zwillingen die Therapie verbessern

Die enormen Fortschritte in der modernen Medizin erlauben uns, Patientinnen und Patienten selbst während schwerer Erkrankungen eine verbesserte Lebensqualität zu ermöglichen. Mit synthetischen Opiaten beispielsweise lassen sich sogar starke Schmerzen während einer Krebserkrankung kontrollieren. Die exakte Dosierung stellt allerdings eine Herausforderung dar. Die Schmerzmittel, wie etwa Fentanyl, müssen ganz präzise dosiert werden, damit sie wirksam sind, ohne den Betroffenen mit teils lebensgefährlichen Nebenwirkungen zu schaden. Damit diese Dosis künftig im Sinne einer personalisierten Medizin für den individuellen Fall ermittelt und konstant gehalten werden kann, nutzen Empa-Forschende das innovative Forschungsfeld der Computer- und Datenwissenschaften und entwickeln einen digitalen Zwilling des Körpers, der die Steuerung und Vorhersage des Therapieverlaufs mittels Echtzeit-Modellierung ermöglicht.

### Bereits Hunderte Avatare behandelt

In den mathematischen Modellen, auf denen der komplexe digitale Doppelgänger basiert, haben die Forschenden eine Vielzahl von Variablen von realen Menschen wie etwa Alter und Lebens-

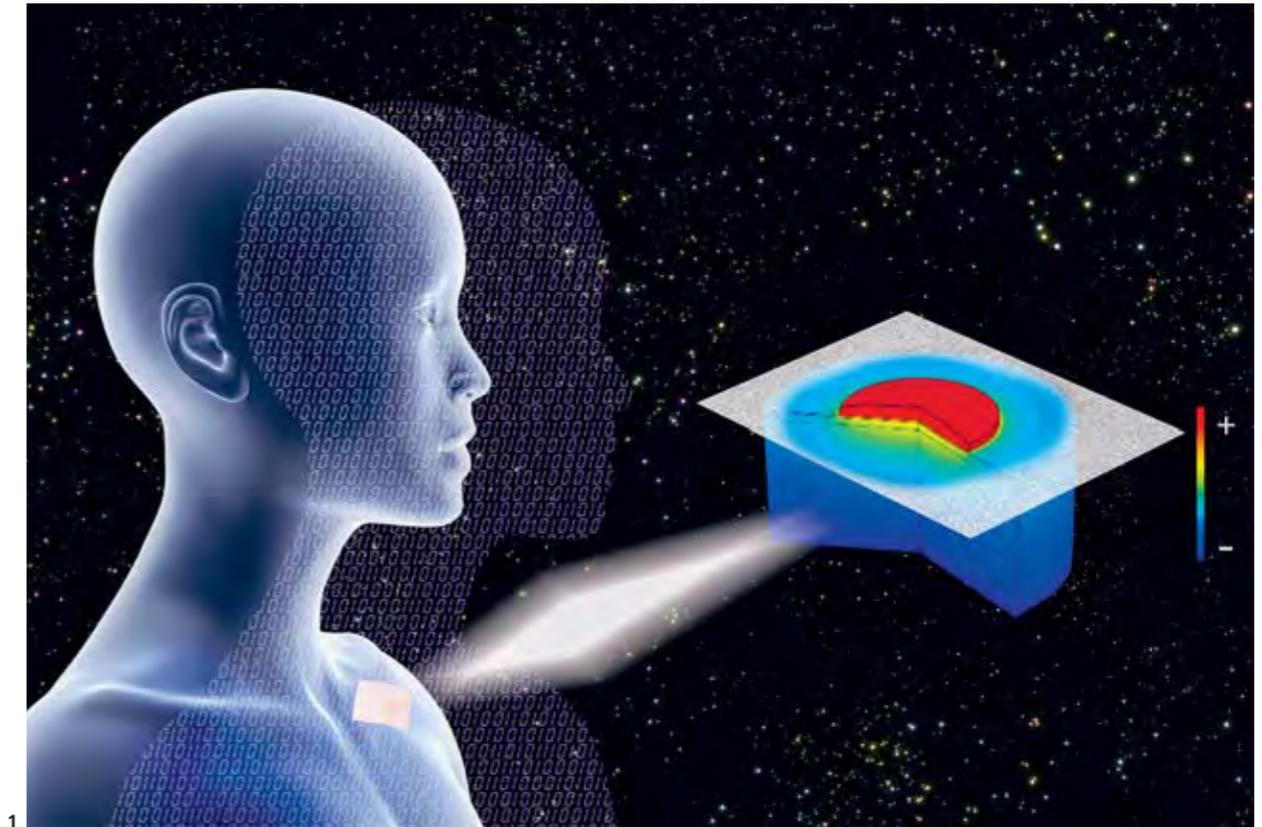
stil berücksichtigt. Denn die Wirkung eines Schmerzmittels wird von einer Fülle an körperlichen Parametern beeinflusst, die individuell sehr unterschiedlich sein können. Daher muss auch einbezogen werden, wie das Medikament im Körper verstoffwechselt wird und wieviel letztlich im Schmerzzentrum im Gehirn eintrifft. Damit die Dosierung aber nicht nur sicher ist, sondern auch den gewünschten Effekt beim Patienten erzielt, erhält der in-silico-Zwilling vom Patienten zudem physiologische und psychologische Rückmeldungen vom realen Menschen. So kann die Therapie dynamisch angepasst und sogar ihr Verlauf vorhergesagt werden. In Testphasen wurden bisher mehrere Hundert derartige personalisierte Avatare geschaffen und personalisierte Therapieabläufe virtuell getestet. In Zusammenarbeit mit Kliniken und Spitälern sollen nun auch weitere Therapien etwa gegen Diabetes durch digitale Zwillinge optimiert werden.

### Digitalisierung gegen Food-Waste

Kürzlich wurde das Team für ein verwandtes Projekt mit einem der Preise für «Inclusive Growth and Recovery Challenge» von data.org ausgezeichnet. Die hoch dotierte Auszeichnung wird

Prof. Dr. Thijs Defraeye, [thijs.defraeye@empa.ch](mailto:thijs.defraeye@empa.ch)

von der «Rockefeller Foundation», und dem «Mastercard Center for Inclusive Growth» gestiftet. Ziel des gemeinsamen Projekts mit der Stiftung BASE (Basel Agency for Sustainable Energy): über Computermodelle und mobile Apps eine nachhaltige Landwirtschaft fördern und die ökologische und ökonomische Situation für landwirtschaftliche Kleinbetriebe in Entwicklungsländern verbessern. Das Grossprojekt stellt für die Empa-Forschenden auch eine exzellente Grundlage dar, um das Gebiet der Computer- und Datenwissenschaften und besonders der digitalen Zwillinge für diverse Anwendungen weiterzuentwickeln. //



1



2

1 Schmerzmittel, Insulin oder andere Medikamente können dank eines digitalen Zwillinges präzise und vorausschauend dosiert werden.

2 Empa-Forscherin Seraina Schudel und der «Fruchtspon»: Anhand realer biophysikalischer Zwillinge mit Sensoren – in Form von künstlichem Obst – können komplementäre Daten für die Entwicklung digitaler Zwillinge in der Lebensmittelforschung generiert werden.

## CO<sub>2</sub>-Spürnase im All

Die CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Luft steigen nach wie vor rapide an, und eine rasche Reduktion der vom Menschen verursachten Emissionen wird immer wichtiger, um den Klimakollaps zu verhindern. Um die Wirksamkeit politischer Massnahmen zu beurteilen, benötigt es zeitnahe und zuverlässige Emissionswerte. Das aktuelle Messnetz von Bodenstationen ist zwar hilfreich, um den Anstieg von CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre zu verfolgen; es ist aber noch nicht dicht genug, um verlässliche Aussagen über die Emissionen einzelner Länder oder gar einzelner Regionen bzw. Städte zu liefern. Aktuelle Schätzungen der Emissionen basieren auf Statistiken und Aktivitätsdaten aus Verkehr, Industrie, Heizungen und Energieerzeugung. Die Auswertung dieser Daten ist aufwendig, und die Resultate liegen erst mit grosser Verzögerung vor. Die Schätzungen sind zudem unsicher, da oft keine genauen Zahlen verfügbar sind und vereinfachte Annahmen getroffen werden müssen – beispielsweise beim Thema Heizen.

### Forscher arbeiten an verbesserter Emissionsbestimmung

Aus diesem Grund entwickelt die EU zusammen mit der europäischen Weltraumagentur ESA ein System zur Überwachung

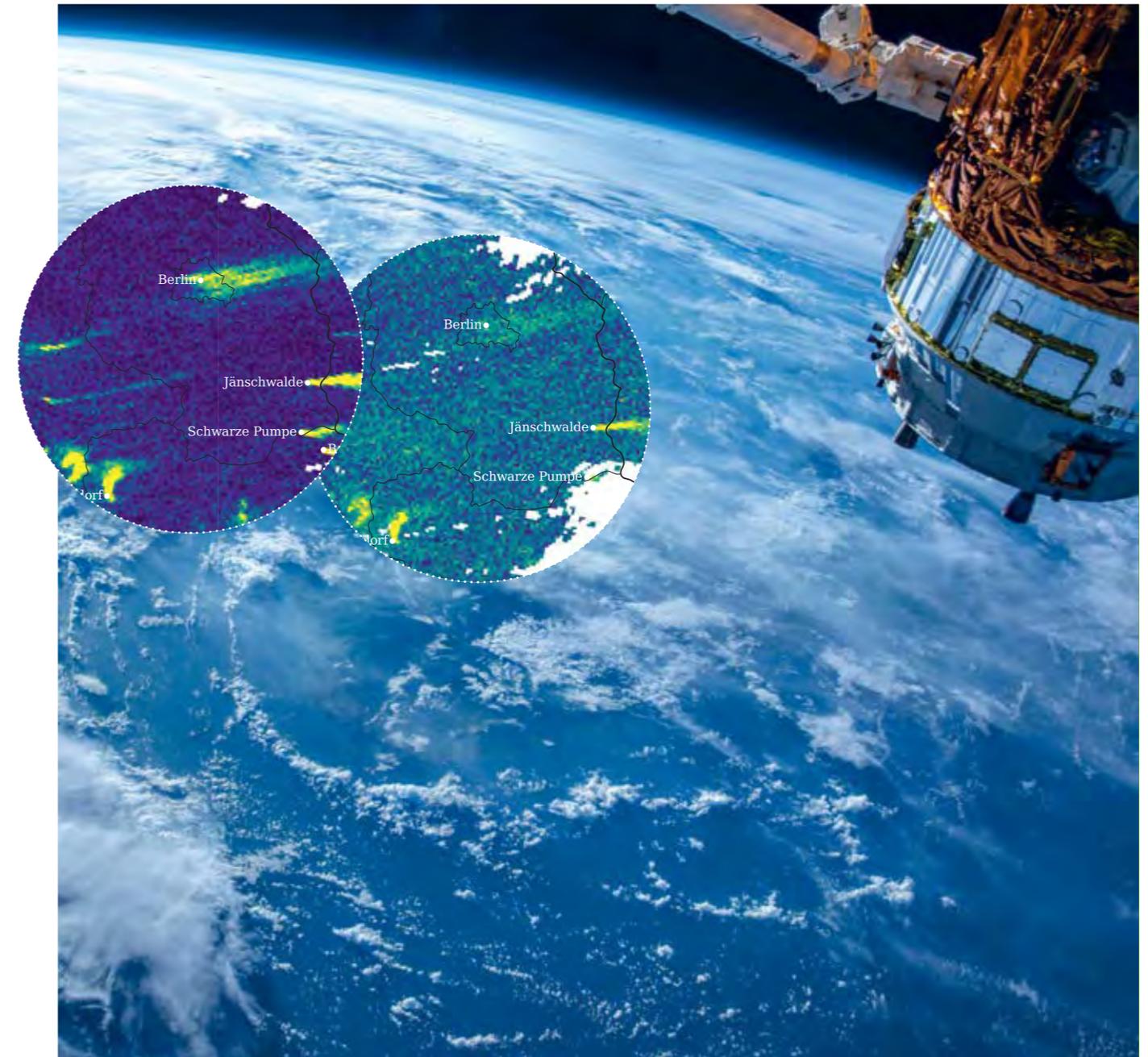
der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Eine wesentliche Komponente ist dabei die CO<sub>2</sub>M-Satellitenmission («Copernicus Carbon Dioxide Monitoring»): Ab 2025 sollen die ersten CO<sub>2</sub>M-Satelliten in den Orbit geschickt werden, die mithilfe spektroskopischer Messungen globale Karten der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen erstellen. So lässt sich bestimmen, wo wie viel CO<sub>2</sub> von Industrieanlagen, Städten und Ländern emittiert wird. Diese Messungen werden die derzeitigen Unsicherheiten der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe verringern.

Bei der Konzeption der Satelliten vertraut die ESA auf die Expertise der Empa. Die Herausforderung bei der Bestimmung von CO<sub>2</sub>-Emissionen ist es, anthropogene – also vom Menschen verursachte – und biologische Signale zu unterscheiden, da die Atmung der Vegetation starke Schwankungen in der CO<sub>2</sub>-Verteilung erzeugt. Der Satellit muss daher in der Lage sein, diese von den vom Menschen verursachten Emissionen zu trennen. Die Idee: die zusätzliche Messung von Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), da dieses bei der Verbrennung von Kohle, Öl und Gas entsteht, nicht aber bei der Atmung der Biosphäre. Ein zusätzliches NO<sub>2</sub>-Instrument sollte also in der Lage sein, anthropogene CO<sub>2</sub>-Signale zu identifizieren.

Dr. Gerrit Kuhlmann, gerrit.kuhlmann@empa.ch

### Die Empa simuliert Satellitenmessungen

Um die Machbarkeit dieser Idee zu überprüfen, simulierten Empa-Forschende die räumliche Verteilung der CO<sub>2</sub>- und NO<sub>2</sub>-Konzentrationen für das Jahr 2015 mit einer zuvor noch nie erreichten räumlichen Auflösung. Die Auswertung der Simulationen zeigte, dass die Kombination von CO<sub>2</sub>- und NO<sub>2</sub>-Messungen anthropogene CO<sub>2</sub>-Emissionen besser und verlässlicher bestimmen kann, als wenn nur ein CO<sub>2</sub>-Messgerät auf dem Satelliten verbaut wäre. Aufgrund der Arbeit der Empa-Forschenden werden die CO<sub>2</sub>M-Satelliten daher mit einem zusätzlichen Instrument für die Messung von NO<sub>2</sub> ausgerüstet werden. //



Satellitenbilder aus den Simulationen der Empa-Forschenden: Dort, wo hohe NO<sub>2</sub>-Werte (links) mit hohen CO<sub>2</sub>-Werten (rechts) zusammenfallen, sind die erhöhten CO<sub>2</sub>-Werte «menschengemacht». Deutlich zu erkennen sind die Emissionen der Stadt Berlin sowie von mehreren Kohlekraftwerken. Das Ziel der EU und der ESA ist es, CO<sub>2</sub>-Emissionen nahezu in Echtzeit zu detektieren, um Treibhausgasemissionen künftig weltweit zuverlässig und zeitnah bestimmen zu können. Bild: unsplash/NASA

# Forschung an Batterien der nächsten Generation

Dr. Corsin Battaglia, corsin.battaglia@empa.ch  
Dr. Kostiantyn Kravchyk, kostiantyn.kravchyk@empa.ch  
Prof. Dr. Maksym Kovalenko, maksym.kovalenko@empa.ch

Anfang 2020 wurden die beiden grossen europäischen Batterie-forschungsprojekte SeNSE und SOLiDIFY gestartet, an denen die Empa beteiligt ist. Die Projekte sind Teil einer gross angelegten europäischen Forschungsinitiative mit dem Ziel, Europa im rasant wachsenden Batteriemarkt an vorderster Stelle zu etablieren. Das von der Empa koordinierte SeNSE konzentriert sich auf Batterien für Elektroautos. Die Nachfrage nach diesen Akkus wird in den nächsten Jahren stark ansteigen.

## Lithium-Ionen-Batterien der Generation 3b

Die elf Forschungspartner von SeNSE entwickeln Lithium-Ionen-Batterien der «Generation 3b». Das Ziel für diese Batterien ist eine höhere Energiedichte, eine verbesserte Zellchemie und ein verbessertes Batteriemanagement. Der Anteil an Kobalt soll weiter reduziert werden. Sensoren im Inneren der Batteriezellen sollen die Lebensdauer und die Schnellladefähigkeit verbessern.

## Festkörperbatterien – Generation 4b

Das zweite europäische Forschungsprojekt, an dem die Empa beteiligt ist, heisst SOLiDIFY. Dieses Projekt beschäftigt sich mit der zukünftigen Generation von

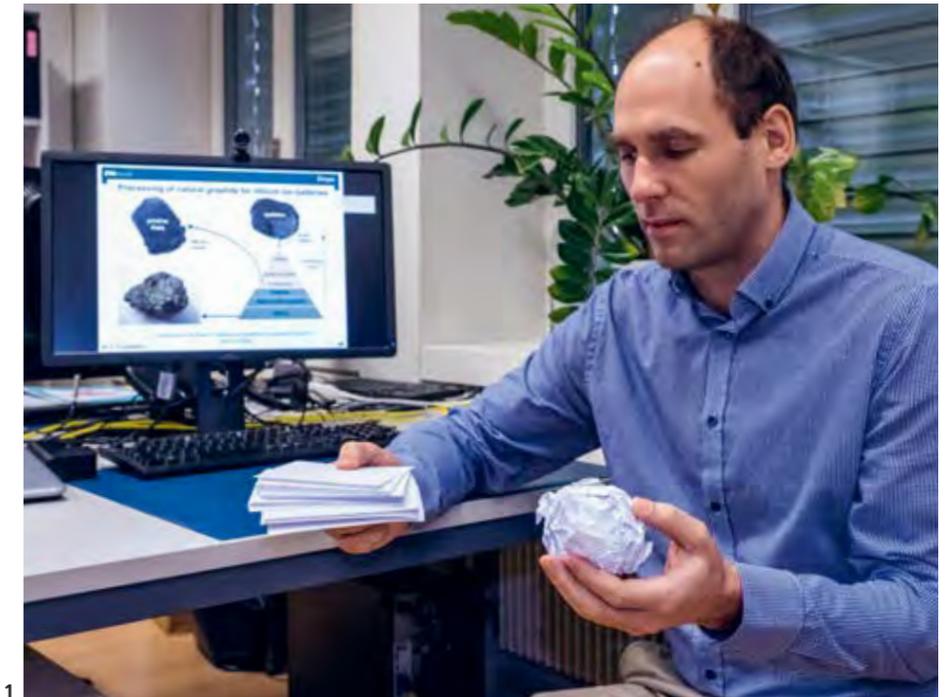
Batterien, den sogenannten Solid-State-Lithium-Metall-Batterien. Diese Batterien werden keine flüssigen, brennbaren Bestandteile mehr enthalten. Sie sind daher sicherer und hitzebeständiger, liefern mehr elektrische Leistung und können schneller ge- und entladen werden. Im Bereich Festkörperbatterien ist die Empa zudem eine strategische Allianz mit dem Fraunhofer Institut in Würzburg (D) eingegangen, mit dem sie zusammen an Festkörperbatterien forscht. Vermehrt interessiert sich auch die Schweizer Industrie für Festkörperbatterien, weshalb in diesem Jahr mehrere Innosuisse-Projekte mit Schweizer Industriepartnern angelaufen sind.

## Natrium- und Aluminium-Graphit-Batterien

Li-Ionen-Batterien für stationäre Anwendungen jeder Grössenordnung (Haushalte, Energieversorger, Grossverbraucher) sind derzeit noch zu teuer. Darüber hinaus steht die Rohstoffversorgungskette für Li-Ionen-Batterien unter immensem Druck: Einerseits wegen der schnell wachsenden Produktion von Elektroautos, andererseits, weil die Kobalt-, Nickel- und Lithiumreserven der Welt ungleichmässig verteilt sind und bisweilen in politisch instabilen Regionen liegen.

Daher besteht ein dringender Bedarf an neuen grosstechnischen Batterietechnologien, die nur preiswerte Komponenten und in der Natur reichlich verfügbare Elemente verwenden. In den letzten zwei Jahrzehnten gab es eine Flut von Berichten über Li-Ionen-freie Batterien. Ein Ansatz besteht etwa darin, Lithium durch Natrium zu ersetzen. Natriumchlorid kommt im Meerwasser vor und ist überall auf der Welt verfügbar.

Auch Aluminium ist in grossen Mengen verfügbar, ungiftig und preiswert. Doch aufgrund ihrer Zellchemie ist eine Aluminium-Graphit-Dual-Ion-Batterie deutlich grösser und etwa fünfmal so schwer wie eine Lithium-Ionen-Batterie gleicher Speicherleistung. Bei der Entwicklung von kostengünstigen und umweltfreundlichen Alternativen zu Lithium-Ionen-Batterien sind also noch einige Hürden zu überwinden. //



1 Kostiantyn Kravchyk erklärt die Chemie einer Aluminium-Graphit-Batterie.

2 Stephan Fahlbusch, Corsin Battaglia und Ruben-Simon Kühnel (von links) an der Empa-Testanlage für experimentelle Batteriezellen.



# FOXIP oder das Glück, wenn alles zusammenpasst

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

Die Empa beschäftigt sich mit Technologie, laut Wikipedia also mit der Wissenschaft und Lehre von der Technik zur Planung und Herstellung von Industrieprodukten. Was braucht man überhaupt, um Produkte herzustellen? Man braucht die vier «M»: Menschen, Materialien, Methoden und Maschinen. Ein gutes Produkt entsteht aus dem perfekten Zusammenspiel dieser vier M. Und neue Materialien, neue Methoden und neue Maschinen ermöglichen neue Produkte und damit auch Innovationen. Für Produktinnovationen müssen wir Menschen also nicht nur neue Materialien entwickeln, sondern auch die Methoden und Maschinen kennen, weiterentwickeln und erproben, wie aus diesen Materialien Produkte entstehen. Dies macht die Empa beispielsweise im «Coating Competence Center» (CCC) und in den Projekten, die vom «Strategischen Fokusbereich Advanced Manufacturing» (SFA-AM) des ETH-Bereichs gefördert werden.

## Einziger Hochpräzisionsdrucker

In dem vom SFA-AM geförderten Projekt «FOXIP – Functional OXides Printed on Polymers and Paper» entwickelt ein Konsortium aus Wissenschaftlern der Empa, der EPFL und des Paul Scherrer Instituts (PSI) gemeinsam mit Industriepartnern

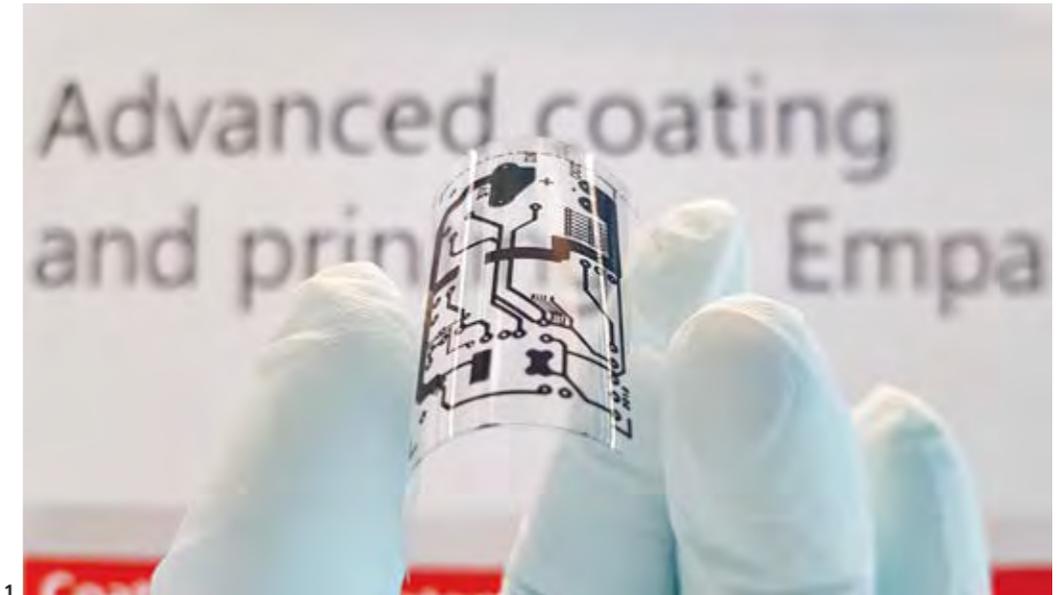
elektronische Komponenten, bei denen die Schaltkreise auf flexible Substrate wie Plastikfolien oder Papier gedruckt werden. Dazu müssen die Wissenschaftler nicht nur neue Materialien entwickeln, beispielsweise Tinten, die Graphen oder Metalloxide enthalten. Sie müssen auch Methoden und Maschinen entwickeln und erproben, wie diese Tinten auf die flexiblen Substrate aufgebracht werden können. Hierzu verwendet das FOXIP-Projektteam verschiedene Drucktechniken wie Tief-, Flexo-, Sieb- und Inkjetdruck. Als Maschine kommt ein Hochpräzisionsdrucker zum Einsatz, den die Norbert Schläfli AG speziell für die Herstellung von gedruckter Elektronik entwickelt hat und den es nur im CCC der Empa gibt.

## Blitzlichtgewitter für die Tinte

Die Leiterbahnen, die mit Metalloxid-Tinten gedruckt werden, müssen in einem zweiten Schritt stark erhitzt werden, damit die Verbindungen leitfähig werden. Bei diesem Sintervorgang darf das flexible Substrat jedoch nicht durch zu hohe Temperaturen beschädigt werden. Als Methode zum Sintern der Tinten verwendet das FOXIP-Team daher das sogenannte «Photonic Curing», bei dem die gedruckten Leiterbahnen in kurzen Pulsen für den Bruchteil einer Millisekunde mit

einer extrem starken Blitzlampe bestrahlt werden. So wird die Tinte stark erhitzt, während sich das bedruckte Substrat, z. B. eine PET-Folie, nur schwach erhitzt und somit nicht beschädigt wird. Die Anlage für das «Photonic Curing» ist eine Pulse-Forge 1300 der Firma Novacentrix.

Das FOXIP-Team hat bereits demonstriert, dass man Polymer-Folien mit elektronischen Schaltungen bedrucken kann. Auch das Drucken von Sensoren, die auf Berührung reagieren, ist möglich. Damit solche Folien auch in Touchscreens eingesetzt werden können, müssen die gedruckten Leiterbahnen allerdings transparent sein. Hierfür setzt das Team auf transparente, leitfähige Oxide (TCO; «Transparent Conductive Oxides»). Um deren Funktion zu demonstrieren, haben die Wissenschaftler an der Empa mit diesen TCO-Tinten unsichtbare Schaltflächen gedruckt. Berührt man ein derart bedrucktes Objekt an bestimmten Stellen, kann man dadurch beispielsweise einen Zugangscode für eine Tür eingeben. Neben unsichtbaren Schaltflächen gibt es noch zahlreiche andere Ideen, wie man diese neue Technologie einsetzen kann. Denn im FOXIP-Projekt passt alles zusammen: Menschen, Materialien, Methoden und Maschinen. //



1 Folie, auf die mittels Flexodruck Leiterbahnen aus Graphen-Tinten aufgedruckt wurden.

2 Auch Sensoren, die auf Berührung reagieren, können auf Kunststoff-Folien gedruckt werden. Für unsichtbare Bedienelemente müssen die gedruckten Leiterbahnen allerdings transparent sein.



## Neue Baumethoden im Realitätscheck

**G**emeinsam an der Zukunft bauen»: So lautet die Leitidee von NEST, dem modularen Forschungs- und Innovationsgebäude von Empa und Eawag. Trotz der widrigen Umstände, verursacht durch die Coronapandemie, wurde NEST diesem Motto auch im letzten Jahr gerecht. Auf der Baustelle der neuen NEST-Unit «HiLo» konnte die charakteristische, doppeltgekrümmte Dachschaale fertiggestellt werden. Für die Beton-Sandwich-Konstruktion wurde keine herkömmliche Schalung verwendet, sondern ein Textil, das auf einem wiederverwendbaren Kabelnetz lag. Dank neu entwickelten Design- und Planungsalgorithmen konnten Forschende der ETH Zürich zusammen mit Partnern aus der Bauindustrie erstmals ein derart komplexes Betondach im Rahmen eines realen Bauprojekts umsetzen.

### Zwei neue Units in Planung

Parallel dazu schritt die Planung einer weiteren neuen Unit voran. «STEP2» – so ihr Name – vereint Innovationen in den Bereichen Kreislaufwirtschaft, industrielle und digitale Fabrikation sowie Gebäudehülle und Energiesysteme. Der Fokus liegt auf der Marktreife von neuen Lösungen und Prozessen. Die

Fertigstellung der zweistöckigen Unit ist für Sommer 2022 vorgesehen. Hauptpartner ist das Unternehmen BASF.

Gegen Ende 2020 weckte zudem das Bedürfnis nach Corona-konformen Einzelarbeitsplätzen an der Empa Ideen für eine weitere Unit. Unter dem Namen «Sprint» soll im Eilzugstempo eine Büro-Einheit ins NEST integriert werden, die eine flexible Raumgestaltung zulässt. Doch damit nicht genug: Die neue Unit soll praktisch ausschliesslich mit bereits gebrauchten Bauteilen erstellt werden. Damit demonstriert das Projektteam, wie weit sich das Konzept der Wiederverwendung realisieren lässt, und leistet einen Beitrag zu kreislaufgerechtem Bauen.

### Energetische Vernetzung

Für den «Energy Hub» (ehub, siehe Seite 28) und den «Digital Hub» (dhub) stellte NEST im letzten Jahr wiederum wertvolle Infrastruktur zur Verfügung. NEST dient dabei als reales Quartier, in dem Energieflüsse – teilweise unter Einbezug von künstlicher Intelligenz (KI) – optimiert werden. Im «Water Hub» arbeiteten Wissenschaftlerinnen der Eawag an Prozessen zur Aufbereitung von Grauwasser und Urin. In diesem Zuge wurde der gesamte NEST-Backbone mit der neuesten Trenntoilette «Save!» ausgestattet.

Reto Largo, reto.largo@empa.ch

### Neue Partnerschaften

Das Partnernetzwerk rund um NEST ist im vergangenen Jahr nochmals deutlich gewachsen. Besonders erwähnenswert ist die Kooperation mit dem Innovationspark Zentralschweiz. Wie auch NEST vereint der Innovationspark zahlreiche Firmen und Organisationen, die sich der Förderung von Innovation im Baubereich verschrieben haben. Mit der Zusammenarbeit der beiden Netzwerke, die bereits zu mehreren gemeinsamen Events geführt hat, sollen die Synergien optimal genutzt werden.

Während in den Vorjahren die Besucherzahlen im NEST konstant sehr hoch waren, konnten 2020, bedingt durch die Coronapandemie, deutlich weniger Personen empfangen und durch das Gebäude geführt werden. Um trotzdem Einblicke ins NEST zu gewähren, meldet sich Peter Richner, stv. Empa-Direktor, seit Mitte 2020 regelmässig mit einem neuen Podcast direkt aus dem NEST. Ausserdem wird bald auch ein digitaler Besuch im NEST möglich sein: Direkt über die Website können Interessierte dann selbstständig durchs virtuelle NEST spazieren und die Faszination des modularen Gebäudes in der virtuellen Welt erleben. //



Für das Dach der NEST-Unit «HiLo» wurde der Beton auf eine textile Schalung gesprayed. Foto: Roman Keller

## Mit synthetischen Treibstoffen zum Klimaziel

Der Mobilitätsdemonstrator «move» zeigt exemplarisch auf, wie die Mobilität der Zukunft ohne fossile Energie aussehen kann. Im Zentrum stehen die Elektro- und Wasserstoffmobilität sowie synthetische Treibstoffe für Hybridfahrzeuge.

### Erneuerbar durch den Winter

Das Jahr 2020 stand ganz im Zeichen des Erweiterungsprojekts «move-MEGA», das «move» durch eine Methanisierungsanlage ergänzen soll. Damit kann aus Wasserstoff und CO<sub>2</sub> (aus der Atmosphäre) synthetisches Methan hergestellt werden. Solche mit erneuerbarer Energie hergestellten Treibstoffe – auch Synfuel bzw. Syngas genannt – lassen sich in kleineren und mittleren Anlagen in der Schweiz oder aber in Grossanlagen in Wüsten oder in Offshore-Windparks produzieren und von dort über bestehende Infrastrukturen transportieren. Syngas und Synfuel eignen sich insbesondere dafür, den Langstrecken- und Schwerverkehr auf erneuerbare Energie umzustellen und die Schweiz auch im Winter mit erneuerbarem Treibstoff zu versorgen.

Die neuartige Methanisierungsanlage von «move-MEGA» basiert auf einem sorptionsverstärkten katalytischen Grundprozess, bei dem das während der chemi-

schen Umwandlung anfallende Wasser kontinuierlich von einem hochporösen Zeolithmaterial aufgenommen – und dadurch aus dem Gasgemisch entfernt – wird. Dies liefert einspeisefähiges Methan, weshalb man in diesem neuartigen Prozess auf eine Gasaufbereitung, wie sie bei konventionellen Methanisierungsverfahren nötig ist, verzichten kann. Zusammen mit dem niedrigeren Druckniveau führt das zu einem spürbaren Effizienzgewinn im Vergleich zu herkömmlichen Anlagen. Letztes Jahr haben die Empa-Forschenden die Grundlagen für die Auslegung der «move-MEGA»-Anlage erarbeitet.

### Geschicktes Wärmemanagement

Während der für die Methanisierung benötigte Wasserstoff bereits heute im «move» hergestellt wird, soll für die Versorgung mit CO<sub>2</sub> aus der Umgebungsluft eine CO<sub>2</sub>-Kollektoranlage des ETH-Spinoffs «Climeworks» installiert werden. Vor allem für grössere Methanisierungsanlagen kommt der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Versorgung eine grosse Bedeutung zu; zum einen wird man dadurch ortsunabhängig, zum anderen entfallen CO<sub>2</sub>-Transporte, und schliesslich fällt das CO<sub>2</sub> rein an. Die atmosphärische CO<sub>2</sub>-Gewinnung benötigt allerdings viel

Wärme bei hohen Temperaturen (ca. 100° C). Im «move-MEGA»-Projekt soll ein Grossteil davon aus der Abwärme der Elektrolyse- und Methanisierungsanlage abgedeckt werden.

Neben technologischen Fragen befasst sich das Projektteam auch mit der Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen. Basierend auf Literaturdaten und Interviews mit Industriepartnern wurden Investitions- und Betriebskostenmodelle entwickelt, die Analysen zu Methangestehungskosten erlauben. Diese zeigen, dass die Gestehungskosten insbesondere zu Beginn deutlich höher liegen als die Versorgung mit fossilen Energieträgern. Deshalb haben die Empa-Forschenden zudem ein Umlagemodell entwickelt, das einen vergleichsweise kostengünstigen Umstieg von fossilen auf erneuerbare synthetische Treibstoffe bis 2050 aufzeigt. Damit lassen sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Anwendungen, die nicht oder nicht schnell genug elektrifiziert werden können, massiv senken.

«move-MEGA» wird durch den Kanton Zürich, den ETH-Rat, Avenergy Suisse, Migros, Lidl Schweiz, Glattwerk, Armasuisse, Swisspower und die Seitz AG unterstützt. //

Christian Bach, christian.bach@empa.ch



Bis 2030 steigt der Detailhändler Lidl Schweiz für den Betrieb seiner Lastwagen von fossilem Diesel auf verflüssigtes erneuerbares Gas um. Foto: Lidl Schweiz

## Für ein nachhaltiges und flexibles Energiesystem

Eine stärkere Vernetzung von Technologien, Energieträgern und Sektoren, ein dezentraleres Stromnetz und eine fortschreitende Digitalisierung der Energieversorgung: Der Wandel hin zu einem nachhaltigen Energiesystem bringt grosse Veränderungen und damit auch enorme Herausforderungen mit sich. Um diese bewältigen zu können, muss Energie flexibler umgewandelt und effizienter gespeichert werden. An der Empa widmet sich unter anderem der «Energy Hub» (ehub) diesen Themen. Die Forschungsplattform nutzt die beiden Demonstratoren NEST (siehe Seite 24) und move (siehe Seite 26), um das Energiemanagement auf Quartierebene zu optimieren und gleichzeitig die Energieflüsse in Gebäuden mit der Mobilität zu koppeln.

### Vernetzte Forschungsinfrastrukturen – über Standorte und Institute hinweg

Um auf das Energiesystem von morgen hinarbeiten zu können, müssen mögliche Technologien nicht isoliert, sondern im Wechselspiel miteinander betrachtet und untersucht werden. Um verschiedene Systeme flexibel miteinander kombinieren zu können, hat die Empa Ende 2018 gemeinsam mit der ETH Zürich und dem Paul Scherrer Institut (PSI) die ReMaP-Plattform (Renewable Management and

Real-Time Control Platform) lanciert. 2020 integrierten die Forschenden die Infrastrukturen des ehub an der Empa und der ESI-Plattform am PSI in die Plattform und können diese nun gemeinsam für Forschungsprojekte nutzen. Im Dezember 2020 konnte das Projektteam einem virtuellen Publikum erstmals eine Live-Demo der Plattform präsentieren.

### Optimierung durch Flexibilität

In einem gemeinsamen Projekt mit dem Start-up Aliunid wurde untersucht, wie Energieversorger Komponenten in Wohngebäuden flexibler nutzen können, um die Energieeffizienz zu steigern und Emissionen zu senken. Dabei wurde die Kombination verschiedener Systeme wie PV-Anlagen, Luftwärmepumpen, Wärmespeicher sowie Elektrofahrzeuge betrachtet. Die Simulationen zeigten, dass durch flexiblere Energiesysteme auf Quartierebene die Kosten um bis zu 25 Prozent und die Emissionen um bis zu 21 Prozent gesenkt werden können.

### Selbstlernende Steuerung

In einem weiteren Projekt entwarfen Empa-Forschende eine Steuerung, die mit künstlicher Intelligenz (KI) das Energiemanagement in Gebäuden optimieren soll. In einer Simulation musste

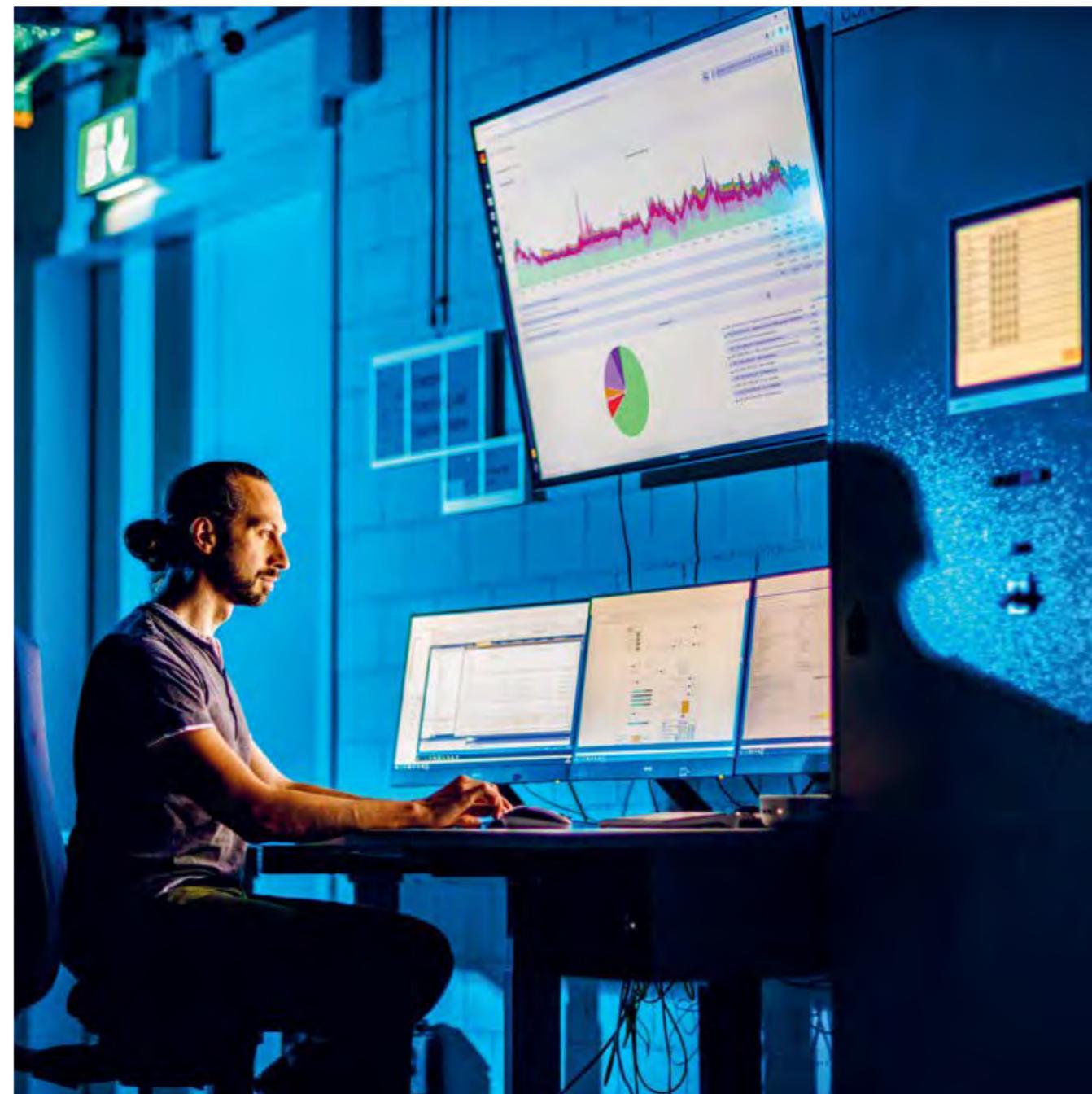
diese zunächst bestimmte Vorgaben hinsichtlich der Raumtemperatur und der Aufladung eines Elektrofahrzeuges erfüllen sowie zwei verschiedene Stromtarife berücksichtigen. Der selbstlernende Algorithmus griff dabei auf Wetterdaten und Raumtemperaturen aus vergangenen Jahren zurück. Die Datengrundlage lieferte der Empa-Demonstrator «Digital Hub» – kurz dhub. Im anschliessenden Praxistest im NEST konnte die KI-Steuerung während einer Woche 27 Prozent Heizenergie im Vergleich zu einer herkömmlichen Steuerung einsparen.

### Fortschritt beim Team, bei den Projekten und beim Austausch

Im vergangenen Jahr wuchs nicht nur die Zahl der neuen Projekte, sondern auch das ehub-Team selbst. 2020 stiessen insgesamt vier neue Mitarbeitende dazu.

Im Sommer veranstaltete die Empa gemeinsam mit Vertretern von Ämtern, Regulierungsbehörden, Verbänden und innovativen Start-ups ein Webinar zu den Rahmenbedingungen der Energiewende. Durch den Event konnte der Austausch zwischen Forschung, Wirtschaft und Politik sowie das gegenseitige Verständnis zu dieser Thematik weiter gefördert werden. //

Philipp Heer, philipp.heer@empa.ch



Empa-Forscher Philipp Heer an einem Terminal des «Energy Hub» (ehub). Dessen Infrastruktur ist so konzipiert, dass Partner aus Forschung und Industrie das System über definierte Schnittstellen remote steuern können. So gewinnen sie wichtige Erkenntnisse für ihre Forschungsfragen und die Produktentwicklung.

## COVID-19 Task Force: Schweizer Forschende kämpfen gemeinsam

Zur Krisenbewältigung haben sich Experten aus relevanten Fachgebieten zur «COVID-19 Task Force» zusammengeschlossen, die Bundesstellen beratend unterstützt. Die Task Force fokussiert sich neben der Beratung von Entscheidungsträgern auf die Entwicklung von Technologien, die im Kampf gegen SARS-CoV-2 helfen, sowie auf die Erforschung des Erregers und geeigneter Bekämpfungsmassnahmen. Bild: iStockfoto



## EmpAIR zeigt an, wann gelüftet werden muss

Diese Empa-Entwicklung könnte helfen, die Ausbreitung des Coronavirus zu begrenzen. Das System misst neben Luftfeuchtigkeit, Temperatur und Luftdruck auch die CO<sub>2</sub>-Konzentration in einem Raum und zeigt via App an, wann der Raum gelüftet werden muss, um frische Luft zuzuführen. Das Gerät macht sich die Erkenntnis zunutze, dass die CO<sub>2</sub>-Konzentration als gutes Mass für den Luftaustausch in Innenräumen gilt.



## Optischer Biosensor für COVID-19

Einem Team von Forschern der Empa, der ETH Zürich und des Universitätsspitals Zürich ist es gelungen, einen neuartigen Sensor zum Nachweis von Coronaviren zu entwickeln. Er könnte künftig eingesetzt werden, um die Virenkonzentration in der Umwelt zu bestimmen – beispielsweise an Orten, an denen sich viele Menschen aufhalten, oder in Lüftungssystemen von Spitälern.



Empa-Aktivitäten ...

## Mit vereinten Kräften gegen den Masken-Notstand

Um den Bedarf der Schweiz mit Schutzmaterial sicherzustellen, haben Forschende der Empa, der ETH Zürich, der EPFL und des Labors Spiez gemeinsam mit Partnern aus dem Gesundheitswesen und der Industrie das Projekt «ReMask» lanciert. Ziele sind Technologien zur Wiederverwendung von Masken, die inländische Produktion effizienter Schutzausrüstungen und die Entwicklung alternativer Masken, die Viren binden und abtöten können.



## HelloMask – Erste transparente Chirurgenmaske

Die «HelloMask», eine von Forschenden der Empa und der EPFL entwickelte transparente Operationsmasken, kann industriell gefertigt werden. Das dazu gegründete Start-up HMCARE konnte eine Million Franken an Fördergeldern einwerben. Die «HelloMask» wurde vor allem mit dem Ziel entwickelt, die Beziehung zwischen Pflegepersonal und Patienten zu verbessern. Illustration: EPFL



## Ökobilanz von Corona-Masken

Wer sich und andere vor COVID-19 schützen will, trägt Maske. Wie aber steht es mit der Umweltbelastung durch das Massenprodukt? Empa-Forschende haben dies mittels Ökobilanzanalysen untersucht. Die Berechnungen zeigen, dass Baumwollmasken bezüglich Energieverbrauch und Treibhausgasbilanz besser abschneiden als chirurgische Einwegmasken. Demgegenüber schneidet die chirurgische Maske bezüglich Wasserverbrauch und Gesamtumweltbelastung besser ab. Bild: Matthias Heyde/Unsplash



... rund um Corona

Bild: CDC/Unsplash



## 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

Der Klimawandel und die damit verbundene Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen, eine nachhaltige Energieversorgung sowie die Digitalisierung sind die grossen gesellschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit. Diese volkswirtschaftlich verträglich zu meistern geht nicht ohne technologischen Fortschritt, an dessen Ursprung meistens neue Materialien stehen. Ihre Entwicklung führt heute mehrheitlich über nanotechnologische Ansätze, sei es über einen nanostrukturierten Aufbau, durch den die Eigenschaften verbessert oder optimiert werden, oder über nanoskalige Materialien mit völlig neuartigen, quantenphysikalischen Eigenschaften.

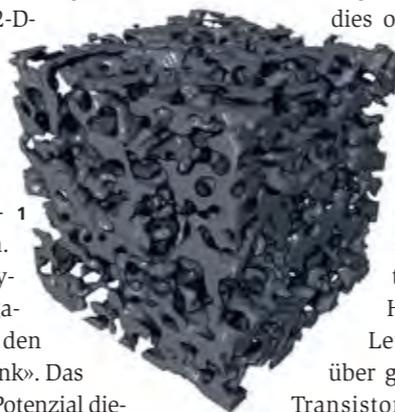
## Synaptische Transistoren, Solarzellen und Superkondensatoren aus dem Drucker

Drucken in jeglicher Form ist die wichtigste Verarbeitungstechnologie für Nanomaterialien. Elektronische Bauteile und Schaltungen kostengünstig wie Zeitungen zu drucken, hat sich in den letzten Jahren zu einem wichtigen Forschungsthema entwickelt. Dieses umfasst die Entwicklung von Verfahren zur Herstellung und Aufbereitung der Nanomaterialien sowie deren Verarbeitung zu Tintenformulierungen für die unterschiedlichen

Drucktechniken. Einen technologischen Durchbruch konnten Empa-Forschende in der Herstellung von Drucktinten mit 2-D-Materialien erzielen. Dank zwei neu entwickelten und patentierten Verfahren, zum einen zur effizienten und schonenden Exfolierung der 2-D-Materialien, zum anderen zur Tintenherstellung, können sie jedes beliebige 2-D-Material zu Tinten mit beliebiger Viskosität verarbeiten. Dies ohne Verwendung von Additiven, die in der Druckanwendung immer störende Effekte generieren. Entsprechend ihrem physikalischen Verhalten geben wir diesen Tinten den Namen «Van der Waals Ink». Das enorme technologische Potenzial dieser neuartigen Tinten für das Drucken elektronischer Komponenten konnten die Forscher am Beispiel von Superkondensatoren mit Rekordwerten in der Flächenkapazität (158 mF/cm<sup>2</sup>) und Flächenenergiedichte (164 μWh/cm<sup>2</sup>) eindrücklich demonstrieren.

Neben dem Drucken von passiven elektronischen Bauteilen wie Kondensatoren, Widerständen und Leiterbahnen entwickeln Empa-Forschende seit Jahren

auch Drucktechnologien zur Herstellung von aktiven elektronischen Bauelementen wie Transistoren, Leuchtdioden und Solarzellen. Die grosse Herausforderung liegt hier im Sinterprozess, der notwendig ist, um die Tinte in einen kristallinen Festkörper mit den gewünschten elektronischen Eigenschaften zu bringen – dies ohne Beschädigung des



temperatempfindlichen Trägermaterials aus Polymer oder Papier. Aktuelle Entwicklungen sind das Drucken von Perowskit-Solarzellen und Transistoren mit oxydischen Halbleitermaterialien. Letztere weisen gegenüber gedruckten organischen Transistoren deutlich bessere Schalteigenschaften auf und sind vor allem viel stabiler, weshalb eine aufwendige Verkapselung nicht mehr notwendig ist.

Bei den Forschungsarbeiten zu den gedruckten oxydischen Transistoren stiessen die Empa-Forschenden auf eine unerwartete Eigenheit: Die gedruckten Transistoren zeigen eine ausgeprägte und im Betrieb äusserst stabile Hysterese im Ein- und Ausschaltverhalten. Damit

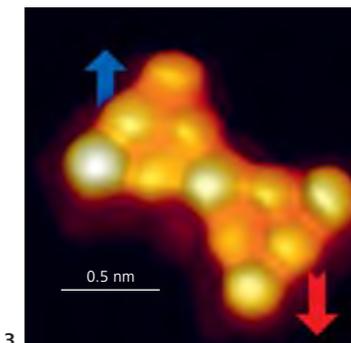
erhält der Transistor einen Memory-Effekt. Sein Output-Signal hängt nicht mehr nur noch von der Intensität des Input-Signals, sondern auch von dessen Frequenz ab – der Transistor ähnelt in seiner Funktionsweise einer biologischen Synapse, weshalb man von einem synaptischen Transistor spricht. Diese Transistoren sind die Basis für künstliche Nervensysteme und neuartige, sogenannte neuromorphe Computer, die nach Vorbild des menschlichen Gehirns arbeiten. Den Forschenden ist es jüngst gelungen, Transistoren zu drucken, deren synaptische Funktion bis zu einer Frequenz von 100 kHz funktioniert, was um zwei Dekaden besser ist als alle bisher mittels Druck hergestellten und publizierten synaptischen Transistoren.



2

## Magnetisches Graphen – Nichts, was Kohlenstoff nicht kann

Graphen – eine zweidimensionale, nur eine Atomlage dünne Bienenwabenstruktur aus Kohlenstoffatomen – ist ein Halbmetall. Aber in Form von wenigen Nanometer breiten Bändern lassen sich die elektronischen Eigenschaften – über die Breite und die Topologie der Ränder – beliebig von isolierend über halbleitend bis metallisch einstellen. Nachdem ein Empa-Team zeigen konnte, dass sich das «simple» Material Graphen in Form von Nanobändern für Nanoelektronik, Spintronik und Quantencomputing gleichermaßen eignet, konnten sie nun Graphen-Nanostrukturen auch magnetisch machen. Dabei synthetisierten sie erstmal Triangulendimere und zeigten, dass die magnetischen Momente der Triangulen-Moleküle im Dimer einen «quantenverschränkten» Zustand bilden. Darüber hinaus konnten sie zeigen, dass das Dimer vom antiferromagnetischen Zustand (Spin = 0) mit einer Energie von 14 meV in den ferromagnetischen Zustand (Spin = 1) angeregt werden kann. Die Doktorarbeit von Shantanu Mishra, die diesen Ergebnissen zugrunde lag, wurde 2020 von der Schweizerischen Physikalischen Gesellschaft (SPG) mit dem jährlichen Award in der Physik der kondensierten Materie ausgezeichnet. //



3

1 Röntgentomographieaufnahme einer Graphen-Gel-Tinte. Kantenlänge: 100 μm

2 In einem vom Bundesamt für Energie (BFE) geförderten Projekt entwickeln Empa-Forschende gemeinsam mit der Firma Solaronix ein Schlitzdüsenverfahren für die kostengünstige Herstellung von Perowskit-Solarzellen. Das Verfahren ist 7-mal schneller als der konventionelle Siebdruck.

3 Graphisch aufbereitete Rastertunnelmikroskopaufnahme eines Triangulen-Dimers. Die Pfeile zeigen die antiferromagnetische Spin-Orientierung (Spin = 0).

# «Additive Manufacturing» für eine nachhaltig gebaute Umwelt

Dr. Tanja Zimmermann, tanja.zimmermann@empa.ch  
Dr. Mateusz Wyrzykowski, mateusz.wyrzykowski@empa.ch

Die Erforschung und Entwicklung neuartiger Materialien und entsprechender Fertigungsverfahren für eine nachhaltig gebaute Umwelt hat an der Empa eine lange erfolgreiche Tradition. Ein Paradebeispiel für eine neue Forschungsrichtung in diesem Bereich ist «Additive Manufacturing» (AM). Diese Technologie, die bis vor Kurzem hauptsächlich auf Polymere beschränkt war, bietet nun auch neue Möglichkeiten für die am häufigsten verwendeten Bau- und Konstruktionsmaterialien: Beton und Asphalt.

## Alternative Strategien zum Vorspannen von 3-D-gedrucktem Beton

Der 3-D-Druck von Beton im Schichtextrusionsverfahren kann neue Wege für die Anwendung von Beton im Bauwesen eröffnen. Das Ziel einer verbesserten Nachhaltigkeit kann durch die Steigerung der Effizienz und Präzision des Herstellungsprozesses von Betonelementen erreicht werden. Vor allem entfallen die Schalungen und damit verbundenen Arbeiten, und das Material kann an gezielt ausgewählten Stellen deponiert werden, was einen deutlich geringeren Verbrauch an Beton ermöglicht. Eine weitere Optimierung dieser Technologie, die derzeit an der Empa entwickelt wird, wird durch den Prozess des

Vorspannens der eingebetteten Bewehrung möglich. Das Vorspannen, das üblicherweise bei Fertigteilen aus Beton eingesetzt wird, verbessert den Risswiderstand und das Verhältnis der Festigkeit zum Gewicht der Betonelemente.

Allerdings stehen der praktischen Anwendung der Vorspanntechnologie mit 3-D-gedrucktem Beton noch einige Hindernisse im Weg. Daher entwickelt die Empa zusammen mit einem Forschungsteam der ETH Zürich zwei mögliche Lösungsstrategien. Die erste besteht in der Verwendung von Rippenstäben aus Formgedächtnislegierungen (engl. «shape memory alloys», SMA), einem Material, das kürzlich an der Empa mit Unterstützung von Innosuisse und des Schweizerischen Nationalfonds (SNF) entwickelt wurde. Die eingebetteten Stäbe werden durch elektrischen Strom aktiviert und damit vorgespannt. Die ersten an der ETH Zürich 3-D-gedruckten und an der Empa analysierten Elemente zeigen vielversprechende Ergebnisse – die Balken mit eingebetteten aktivierten SMA-Stäben weisen einen höheren Risswiderstand auf als solche mit passiver Verstärkung.

Die zweite Strategie besteht in der Verwendung eines expansiven, selbstvorspannenden Betons. Die kürzlich



1  
3-D-Druck von Beton mittels Schichtextrusion: Die Betonelemente sind mit eingebetteten Stäben aus einer Formgedächtnislegierung bewehrt, die nach der thermischen Aktivierung eine Vorspannung auf den ausgehärteten Beton ausüben.



2  
Ein Roboterarm legt einen Faden auf einem Bett aus Zuschlagstoffen aus. Der verschlungene Faden verstärkt die Zuschlagstoffe und verbessert die Stabilität des Schichtaufbaus unter Last. Er ersetzt das traditionell in Asphalt verwendete Bitumen. Künftig könnte diese Technik die Umweltbelastung im Strassenbau erheblich senken.

von der Empa patentierte Methode der Selbstvorspannung basiert auf der Verwendung von Beton, der sich während des Aushärtens ausdehnt und sich so selbst vorspannt, ohne dass externe Massnahmen erforderlich sind. Mögliche Anwendungen sind 3-D-gedruckte, filigrane, hohle Betonbauteile mit hervorragendem Festigkeit-Gewicht-Verhältnis, die etwa als niedrig gelagerte Träger für Dächer oder Decken eingesetzt werden könnten.

## AM für den Ersatz für Bitumen im Strassenbau

Asphaltbeläge im Strassenbau bestehen in der Regel aus bituminösen Materialien, die den mineralischen Füllstoff zusammenhalten. Sowohl das aus Erdöl gewonnene Bitumen als auch die knappen Zuschlagstoffe sind für die grosse Umweltbelastung von Asphalt verantwortlich. Ein vom Bundesamt für Strassen (ASTRA) gefördertes Projekt an der Empa kann eine Lösung bieten, indem es Bitumen oder andere Bindemittel in Belägen reduziert – oder gar ganz eliminiert. Die neue Idee basiert auf der Verwendung einer weichen Bewehrung in Form eines Fadens, der von einem Roboterarm in einem bestimmten Muster Schicht für Schicht auf ein Bett aus Zuschlagstoffen gelegt

wird. Durch die Verschränkung der Gesteinspartikel mit dem eingelegten Faden können Zugkräfte tief in den Belag übertragen werden und so den Gesteinskörnern Stabilität verleihen – eine Rolle, die bisher das Bitumen übernommen hat. Ausserdem lässt sich Asphalt noch nachhaltiger herstellen, wenn man vermehrt recycelte Gesteinskörnungen oder solche minderer Qualität verwendet. Die mechanischen Eigenschaften dieses neuartigen Asphalts modellieren die Empa-Forschenden dann am Computer mithilfe der Diskreten-Elemente-Methode (DEM). Erste experimentelle Ergebnisse sind bereits äusserst vielversprechend und beweisen die Machbarkeit dieses bahnbrechenden Konzepts. //

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

Umwelteinflüsse wie Luftschadstoffe und Lärm beeinträchtigen unser Wohlbefinden und unsere Leistungsfähigkeit und schaden der Gesundheit. Ein interdisziplinäres Team mit Beteiligung von Empa-Forschern konnte zeigen, dass nicht nur eine chronische Lärmbelastung der Gesundheit abträglich ist, sondern dass bereits kurzfristige Störungen durch Fluglärm in der Nacht innerhalb von Stunden zu tödlichem Herzkreislauf-Versagen führen können. Die Empa forscht daher an Modellen zur Schallentstehung und -ausbreitung und erarbeitet Lösungen zur Lärmreduktion. So entwickeln Empa-Forschende etwa vibrationsisolierende Bahnschwellen, lärmarme Anflugverfahren und schallreduzierende Leichtbaumaterialien.

## Verkehr auf leisen Sohlen

Bislang hat die Schweiz bereits rund 1,3 Milliarden Franken in die Bahnlärmreduzierung investiert. Trotzdem leben aktuell noch immer knapp 100 000 Personen unter Lärmbelastungen, die über den zulässigen Grenzwerten liegen. Beim Bahnverkehr spielen vibro-akustische Phänomene über einen sehr breiten Frequenzbereich (von wenigen Hertz bis in den hörbaren Bereich) sowie die Ausbreitung von Schallwellen durch unterschiedliche Me-

dien eine grosse Rolle. Aufbau und Beschaffenheit der Schienentrassen müssen eine Reihe teils widersprüchlicher Anforderungen erfüllen: Einerseits sollten sie möglichst wenig mechanische und akustische Wellen an die Umgebung weiterleiten; andererseits sollten sie relativ steif sein, damit die Schienen möglichst stabil – und damit sicher – in der Trasse liegen und sich der Verschleiss von Schienen, Schwellen und Schotter senken lässt. Die Empa hat zusammen mit der EPFL und den SBB neuartige Schienenzwischenlagen entwickelt, die die Schwingungen der Schienen effizient dämpfen und die es erlauben, die dynamische Steifigkeit des gesamten Fahrwegsystems frequenzabhängig zu optimieren. Die neu entwickelten Komponenten bestehen aus Elastomeren mit massgeschneiderten viskoelastischen Eigenschaften.

Um verkehrsbezogene Schwingungsübertragungen in den Untergrund und damit Erschütterungsprobleme zu vermeiden, entwickeln Akustikforscher der Empa zudem innovative Lösungen basierend auf sogenannt phononischen Kristallen. Dabei handelt es sich um makroskopische Kristallstrukturen, die innere Drehbewegungen nutzen, um die Ausbreitung von Schallwellen abzuschwächen und so gezielt bei tiefen Frequenzen

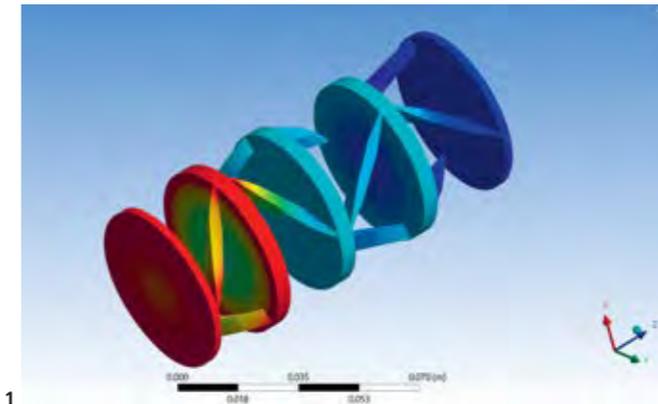
den widersprüchlichen Anforderungen an hohe statische Steifigkeit einerseits und geringer Übertragung von Wellen andererseits gerecht zu werden.

## Lärmoasen in Städten

Lärm-assoziierte Gesundheitsbeeinträchtigungen sind heutzutage weit verbreitet. Die Empa trägt mit umfassenden Lärm-Analysen massgeblich zu Lärm-Gesundheits-Forschungsprogrammen bei. Ziel ist es, mit vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten zur Schwingungsisolierung die Grundlagen für präventive und regulatorische Massnahmen zu erarbeiten. Neue Erkenntnisse zu Strassenverkehrs-, Bahn- und Fluglärm lieferte etwa die SiRENE-Studie («Short and Long Term Effects of Transportation Noise Exposure»), eine Zusammenarbeit zwischen Empa-Forschenden sowie Kolleginnen und Kollegen des Swiss TPH («Swiss Tropical and Public Health Institute»). Dank ihren hochentwickelten Berechnungsmodellen ist es den Empa-Forschenden gelungen, die Lärmbelastung der Schweizer Bevölkerung in einem noch nie dagewesenen Detaillierungsgrad und mit einzigartiger Genauigkeit zu berechnen. Zudem wurden die Daten der SiRENE-Studie mit einer Reihe von «grünen» Metriken ergänzt. Es konnte gezeigt wer-

1 Phononische Kristalle zur Reduktion der Schwingungen von Bahnschwellen

2 Lärmkartierung für städtische Umgebung (SiRENE-Projekt)



den, dass eine zunehmende Begrünung von Wohngebieten mit einer geringeren Lärmbelastung durch Strassenverkehr und Eisenbahn verbunden ist, aber zu einer erhöhten Lärmbelastung durch den Flugverkehr führt. Der Gesamteffekt entsprach einer äquivalenten Reduktion um rund 6 Dezibel (dB) für Strassenverkehr und 3 dB für Bahnlärm, aber einer Erhöhung von etwa 10 dB für Fluglärm, sobald der Vegetationsindex von «wenig Grün» (5 Prozent Perzentil der Stichprobenverteilung) auf «viel Grün» (95 Prozent Perzentil) anstieg. Namentlich in Städten können sichtbare Vegetation und öffentliche Grünflächen mit guter Erreichbarkeit die Belästigung durch Strassenverkehrslärm deutlich senken. Fazit der Studie: Grünflächen und Vegetation sind entscheidend für das Wohlbefinden der Stadtbevölkerung und sollten somit ein wesentliches Element bei der Stadtplanung darstellen. Im Nachfolgeprojekt RESTORE, das durch das Sinergia-Programm des Schweizerischen Nationalfonds (SNF) gefördert wird, untersuchen Empa-Forschende mit der Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), welchen Einfluss Lärm auf den Stressaufbau hat und wie Grünräume zum Stressabbau und zur Erholung beitragen können. //

# Energieforschung – von nanostrukturierten Materialien bis zum nationalen Energiesystem

Die Schweiz soll bis 2050 klimaneutral werden und somit – abzüglich Massnahmen zur CO<sub>2</sub>-Speicherung – keine Treibhausgas-Emissionen mehr verursachen. Dieses langfristige Ziel vor Augen, gilt es nun konkrete Schritte einzuleiten; dabei spielt der Umbau des Energiesystems eine zentrale Rolle. Der Weg zu einem klimaneutralen Energiesystem wird jedoch stark durch die ökonomischen, rechtlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen beeinflusst. Während eines im Juni 2020 von der Empa veranstalteten Webinars gingen Empa-Experten gemeinsam mit Vertretern von Regulierungsbehörden, Verbänden und Firmen aus dem Energiesektor der Frage nach, ob die aktuellen Rahmenbedingungen eher Teil der Lösung oder aber Teil des Problems sind. Die angeregte Podiumsdiskussion lässt den Schluss zu, dass uns diese Frage auch in Zukunft noch weiter beschäftigen wird.

## Nachhaltige Energieversorgung im Quartier

Der Weg zu einem nachhaltigen Energiesystem stellt viele Gemeinden und Firmen aber auch vor ganz konkrete Herausforderungen. Etwa, wenn es darum geht, die richtigen Entscheidungen beim Erschliessen eines Areals zu treffen. Je nach Lage und bestehender In-

frastruktur ergeben sich spezifische Möglichkeiten und Herausforderungen, wie bei der Gebäudeheizung, der lokalen Stromproduktion und -speicherung und der Elektroauto-Ladeinfrastruktur. Wie lässt sich mit einem bestimmten Budget die grösste CO<sub>2</sub>-Einsparung erzielen? Gibt es Stellschrauben, die bei einem bestimmten Areal vergleichsweise günstig einen grossen Effekt bewirken? Um diese Fragen schnell und präzise beantworten zu können, entwickelt die Empa-Abteilung «Urban Energy Systems» seit einigen Jahren Algorithmen, Modelle und Methoden, die nach mehreren Feldversuchen im vergangenen Jahr Marktreife erlangt haben. So wurde im April 2020 der Empa Spin-off «Urban Sympheny» gegründet, der die Technologie als Cloud-Applikation weiterentwickelt und damit bereits zahlreiche Kunden gewinnen konnte.

## Empa koordiniert europäisches Batterie-Forschungsprojekt

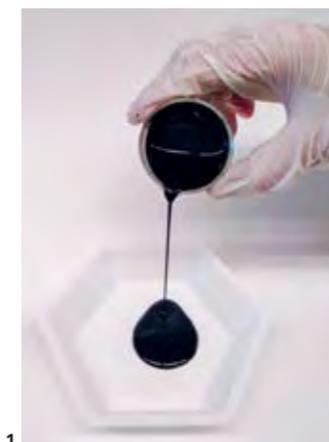
Um Klimaneutralität zu erreichen, spielen Batterien eine zentrale Rolle, etwa bei der Elektromobilität und als stationäre Speicher für Solar- und Windstrom. Mehrere Empa-Abteilungen forschen auf diesem Gebiet, so auch «Materials for Energy Conversion», die das seit Anfang 2020

laufende europäische Horizon-2020-Projekt «SeNSE» koordiniert. In diesem Projekt suchen Forschungsinstitute und Industrieunternehmen aus sieben europäischen Ländern nach Lösungen, um die derzeit marktbeherrschende Lithium-Ionen-Technologie weiterzuentwickeln. Nebst Verbesserungen der Zellchemie und des Batteriemangements, die unter anderem die Schnelladefähigkeit und die Lebensdauer der Batteriezellen erhöhen sollen, wird eine verbesserte Sicherheit durch den Einsatz nichtbrennbarer Elektrolyte angestrebt.

## Neuartige Materialien für kompakte mobile Stromspeicher

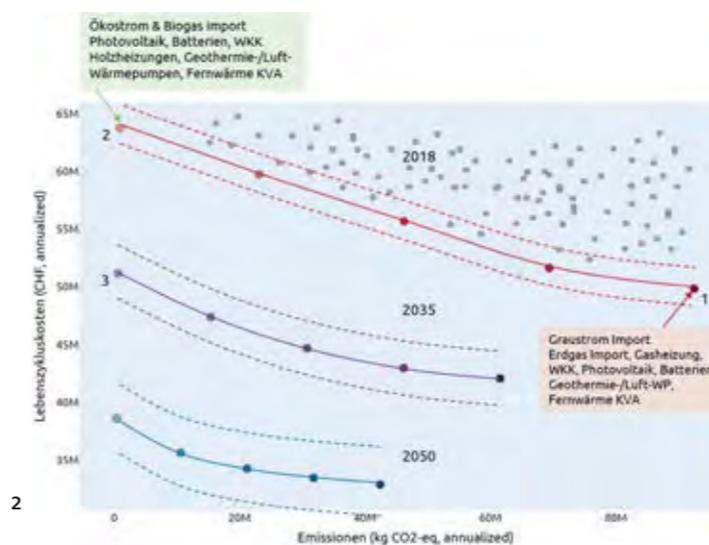
Stromspeicher werden oft auch in vernetzten mobilen Geräten und Implantaten benötigt. Hier sind vor allem sehr kompakte Stromspeicher für eine zuverlässige Energieversorgung gefragt. Mikro-Supercapacitor bieten sich hier an, weil sie im Vergleich zu Batterien eine höhere Zyklenfestigkeit aufweisen und sehr schnell geladen und entladen werden können. Die Materialforschung leistet hier wesentliche Beiträge, um eine höhere Leistung zu erreichen und eine einfachere – und dadurch billigere – Herstellung zu ermöglichen. Im Windschatten des wesentlich bekannteren Graphens ist für

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



1 Hochviskose wasserbasierte MXen-Tinte für Anwendungen in der gedruckten Elektronik.

2 Pareto-Fronten (Menge von optimalen Lösungen) für die Energieversorgung der Stadt Chur für die Jahre 2018, 2035 und 2050, durch die Software von Sympheny ermittelt. Die grauen Punkte zeigen alle nichtoptimalen Lösungen für das Jahr 2018.



diese Anwendung eine andere Klasse von zweidimensionalen Materialien in den Mittelpunkt gerückt, die sogenannten MXene. Sie bestehen aus einer Verbindung eines Metalls (M) aus der Gruppe der Übergangselemente, z. B. Titan, und entweder Kohlenstoff oder Stickstoff (X). Einzelne 2-D-Schichten dieser MXene besitzen, je nach chemischer Zusammensetzung und Funktionalisierung ihrer Oberflächen, unterschiedliche elektrische, optische und mechanische Eigenschaften. Unter anderem lassen sich mit MXenen elektrisch leitfähige Tinten mit angepasstem Fließverhalten herstellen, die ohne Hilfsstoffe auskommen. Die Herstellung von gedruckten Elektroden für Mikro-Supercapacitor lässt sich so wesentlich vereinfachen. Die «Functional Polymers»-Abteilung der Empa hat im letzten Jahr eine solche MXene-basierte Tinte entwickelt. Unter dem Motto «turning trash into treasures» wurden dabei auch jene Komponenten des Ausgangsmaterials in der MXene-Herstellung verwendet, die normalerweise als Abfall entsorgt werden. Das grosse Potenzial dieser abfallarmen Tinte wurde dann anhand von Mikro-Supercapacitor mit hoher Leistung demonstriert. //

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

Die COVID-19-Pandemie hat die Bedeutung des Zusammenspiels zwischen der Forschung, den Spitälern, der Industrie, den Bundesämtern und der Politik sichtbar gemacht. Es ist kein Zufall, dass die Empa mit ihren langjährigen Beziehungen mit all diesen wichtigen Partnern im Rahmen der COVID-19 Science Task Force des Bundes gut vernetzt ist. Eine Pandemie verlangt immer nach einem holistischen Ansatz. Es müssen Spezialisten aus verschiedenen Forschungsbereichen im Team zusammenarbeiten, damit Entwicklungen wie beispielsweise die von textilen Gesichtsmasken in der kurzen Zeit möglich sind. Das Verständnis der Materialeigenschaften, der textilen Konstruktion der einzelnen Schichten sowie die industrielle Umsetzbarkeit sind wichtige Pfeiler für ein qualitativ hochstehendes Produkt.

Hervorzuheben ist aber auch, dass wir unseren Bioinformatik-Aufbau der letzten Jahre hier einbringen konnten, was auch für die Datenaufbereitung der Pandemie sehr wertvoll ist. Die Bioinformatik wurde aufgebaut, um Gesundheitsdaten inklusive genetischem Fingerabdruck schneller und gezielter auszuwerten und auf die Herausforderungen in der Präzisionsmedizin vorbereitet zu sein. Parallel dazu wurden auch die Simulati-

onsmöglichkeiten stark ausgebaut. Wir sehen immer mehr, wie das Zusammenspiel von experimentellen Arbeiten und Simulationen der Schlüssel für rasche und effektive Lösungen sind. Die gemeinsame Sichtweise und Expertise in den Bereichen Materialsynthese, Materialverarbeitung, Bioanalytik, rechnergestützte Modellierung und Simulation, Bioinformatik sowie Imaging- und Biowissenschaften sind unsere Stärke.

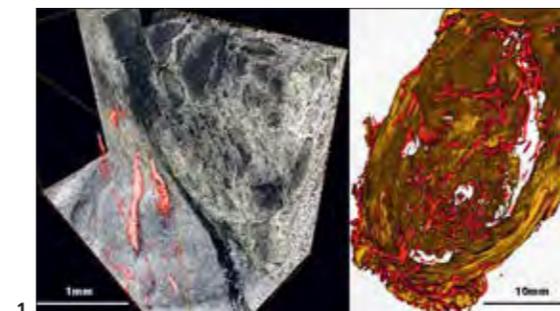
## Digitale Zwillinge

Die medizinische Langzeitüberwachung ist ein vielversprechender Ansatz für die Früherkennung künftiger Gesundheitsprobleme. Für eine sowohl vom Patienten als auch vom medizinischen Fachpersonal akzeptierte Langzeitüberwachung ist eine zuverlässige und sichere Datenerhebung sowie Sensorik ohne Einschränkungen und Nebenwirkungen für den Patienten von entscheidender Wichtigkeit. Aktuell werden elektrisch und optisch leitende Fasern und Textilien entwickelt, welche verschiedene Körpersignale wie das Elektrokardiogramm, die Atemaktivität oder die Blutsauerstoffsättigung messen und im klinischen Alltag mit Partnern wie dem Kantonsspital St. Gallen, USZ oder Inselspital untersucht werden. Zusätzlich können durch die intelligente Kombination

dieser Signale statistische Vorhersagemodelle entwickelt werden. Solche Vorhersagemodelle repräsentieren Teilaspekte eines Patienten und werden in Kombination mit einer multiphysikalischen Abbildung von menschlichen Geweben zu digitalen Zwillingen. Neben dem Gesundheitsmonitoring ermöglichen diese massgeschneiderte medizinische Therapien, wie die Applikation von Medikamenten über die Haut mit transdermalen Medikamentenpflastern. Ziel ist es, diesen virtuellen Doppelgänger anzeigen zu lassen, wie ein Schmerzpatient oder ein Diabetiker individuell behandelt werden muss. Dabei erlaubt der digitale Avatar auch eine personalisierte Prognose des Therapieverlaufs und eine Steuerung der nichtinvasiven Medikamentengabe, da er in Echtzeit mit den physiologischen Daten des realen Menschen gefüttert wird.

## Nanomedizinische Systeme

Um Patienten-spezifische – individualisierte – Gesundheitslösungen zu entwickeln, antizipieren die Forschenden der Empa zukunftsweisende Materialdesigns und -konzepte, indem sie ihr Fachwissen in Nanomaterialsynthese mit vorklinischen Untersuchungen kombinieren und auf die Bedürfnisse der Klinik masschneidern. Unsere multizellulären Ge-



1  
Hochauflösendes Phasenkontrast-CT eines vaskulären Netzwerkes (rot) in einem Schilddrüsenkarzinom.

webebarrieremodelle sind in der Lage, die physiologischen Prozesse im Menschen abzubilden, sodass mittels multiscaler Bildgebungsverfahren und Bioinformatik die komplexen Wechselwirkungen, Signalwege und Heilungsprozesse holistisch abgebildet werden. Dieses Wissen mit dem Austausch mit Kliniken führte auch in diesem Jahr zu schönen Erfolgen. Es ist uns gelungen, neue Nanomaterialien zu entwickeln, die als Kleber nach chirurgischen Interventionen eingesetzt werden können, die den Wundverlauf positiv beeinflussen oder die Vaskularisation im Gewebe stimulieren. Die Entwicklung wurde als Empa-Spin-off ausgegründet.

Die System-Biologie-Aktivitäten wurden weiter verstärkt und das Team ist seit diesem Jahr auch Mitglied im Swiss Institute of Bioinformatics. Nur ein exzellentes Netz von Experten kann mit den schnellen Entwicklungen auf diesem Gebiet Schritt halten. So wurde zusammen mit dem Kantonsspital St. Gallen ein neuer Ansatz

gestartet, um die Rolle der Immunzellen im Krebsgewebe besser zu verstehen, mit dem Ziel, neue Nanopartikel-basierte Lösungen für die Krebstherapie zu entwickeln.

## Implantate und Vermeiden von bakteriellen Infektionen

Materialien, die nach einer Verletzung oder Erkrankung eine Zell- oder Geweberegeneration hervorrufen oder den Bakterienbefall von Geweben – z.B. Wunden, Implantaten oder medizinischen Vorrichtungen – verhindern können, sind ein weiterer Schwerpunkt. Der Bedarf an neuen Materialkonzepten für medizinische Therapien ist enorm, und die Aktivitäten der Empa reichen von Materialien für die Knochen- und Knorpelregeneration, Patientenspezifischen Implantaten, die mittels 3-D-Druck und anderer fortschrittlicher Produktionsverfahren hergestellt werden, Materialien für die Weichteilintegration oder -regeneration bis hin zu Materialien,

die die Wundheilung optimieren und beschleunigen. Inspiriert werden solche Konzepte häufig von Prinzipien, die in der Natur gefunden werden. Ein Beispiel ist ein hybrides Cellulose-Polymer-basiertes Wundmaterial, das über Cellulose-spezifische Bindungspeptide mit verschiedenen, an den klinischen Bedarf angepassten Funktionen ausgestattet werden kann.

## Biomedizinische Bildgebungstechnologien

Die Weiterentwicklung der Präzisionsmedizin hängt sehr stark von der Verfügbarkeit von hochaufgelösten, verzerrten 3-D-Daten der Strukturen in Tumorgeweben ab. Diese werden uns ermöglichen, die Zusammenhänge zwischen den individuellen Krankheitserscheinungen (Phenotyp) mit den ebenso individuellen genetischen Merkmalen (Genotyp) zu verstehen. Deshalb leisten wir Pionierarbeit bei der Entwicklung von dreidimensionalen analytischen Bildgebungsmethoden für die nichtinvasive, digitale Pathologie von Tumorgeweben. Diese erhebliche Menge an Daten wird mithilfe des maschinellen Lernens aufgearbeitet und für eine personalisierte und gezielte Diagnostik für die Präzisionsmedizin in der Onkologie verfügbar gemacht. //



## 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 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie erstklassiger technischer Infrastruktur die richtige Adresse.

# Raus aus der Empa und rein in den Markt

Marlen Müller, marlen.mueller@empa.ch

In einem sich ständig verändernden wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Umfeld ist Agilität und Anpassungsfähigkeit von zentraler Bedeutung. Will heissen: Neu gewonnene Erkenntnisse und Ergebnisse aus dem Labor sollten möglichst rasch eine realwirtschaftliche, positive Wirkung haben – in Form von marktfähigen Innovationen. Um diesen Prozess zu beschleunigen, setzt die Empa auf einen zügigen Technologietransfer in die Wirtschaft und eine enge partnerschaftliche Zusammenarbeit mit ihren zahlreichen Industriepartnern.

2020 hat die Empa 208 neue Forschungsprojekte mit Partnern aus der Industrie lanciert. Zudem hat sie 15 Erfindungen zum Patent angemeldet und 14 neue Lizenz- und Technologietransferverträge mit Wirtschaftspartnern abgeschlossen.

## Erfolgreiche Zusammenarbeit bei Polymeraktuatoren

Bereits seit 2018 arbeitet der Empa-Spin-off CTsystems AG auf dem Gebiet von Polymeraktuatoren mit dem Schweizer Industrieunternehmen Dätwyler AG zusammen. Polymeraktuatoren sind elektroaktive Polymere (EAP), die beim Anlegen einer elektrischen Spannung ihre Form

verändern und beispielsweise länger oder dicker werden. Aufgrund der Ähnlichkeit ihrer Funktionsweise zu derjenigen natürlicher Muskeln, werden sie oft auch als «künstliche Muskeln» bezeichnet. Inzwischen hat der Spin-off erste Prototypen eines elektromechanischen Polymerumwandlers in Stapelbauweise hergestellt. Dieser besteht aus einer Vielzahl von dünnen, gestapelten Elastomerschichten, die mit speziellen Elektroden beschichtet und elastisch verformbar sind. Sie ermöglichen so die Umwandlung elektrischer Energie in mechanische Arbeit. Denkbare Anwendungen sind etwa in der Automobilindustrie bei Ventilen, Pumpen, Schliesssystemen, Sitzverstellern, haptischen Feedbacksystemen und Schaltern. Die Vorteile der neuen Technologie sind nebst dem robusten Design ein niedriger Energieverbrauch, der Wegfall komplizierter mechanischer Teile und ein geräuschloser Betrieb mit gleichzeitiger Sensorfunktion.

CTsystems konzentriert sich auf die Entwicklung von Produkttechnologien und deren Produktionsverfahren sowie auf weiterführende Forschungsaktivitäten. Zur Einführung der Technologie in den Markt lizenziert die Jungfirma die Produktion der Aktoren an verschiedene Industrieunternehmen. Als erster Pro-

1  
Prototypen von Polymeraktuatoren aus gestapelten, hauchdünnen Elastomerschichten. Bild: CTsystems

2  
Empa-Direktor Gian-Luca Bona, ganz links, mit den Preisträgern: Joshua Avossa (HelloMask), Andrew Bollinger (Urban Sympheny AG), mit Empa-Forscher Tino Matter (anavo AG).



1



2

duktionspartner konnte die Sateco XT AG gewonnen werden, die zurzeit eine Pilotanlage aufbaut. Seitens Dätwyler AG bestehen ebenfalls Absichten zur Produktion sehr grosser Stückzahlen der Aktoren.

## Der «Empa Innovation Award 2020»

Wenn innovative Projekte und Leistungen im Technologietransfer herausragen, sollten sie auch entsprechend gewürdigt werden. Mit dem «Empa Innovation Award» zeichnet die Empa seit 2006 alle zwei Jahre hervorragende Innovations- und Technologietransferprojekte aus. 2020 ging die Auszeichnung gleich an drei erfolgreiche Technologietransfer-Projekte.

Den ersten Preis erhielt eine Gesundheitstechnologie, die chirurgisches Nahtmaterial in Rente schickt: Nanoglue ist ein neuartiger Gewebekleber, der eine schnellere und sicherere Wundheilung verspricht. Entwickelt wurde sie von Forschenden der Empa und dem «Nanoparticle Systems Engineering Lab» der ETH Zürich. Die Technologie wird nun vom Spin-off anavo AG zur Marktreife weiterentwickelt.

Mit einem Anerkennungspreis ausgezeichnet wurde das «HelloMask»-Projekt, bei dem Forschende der Empa und der EPFL eine transparente Gesichtsmaske entwickelten, die vom neu gegründeten

Start-up HMCare AG vermarktet wird. Einen weiteren Anerkennungspreis erhielt «Sympheny», eine Softwareplattform für die Planung nachhaltiger Energiesysteme, die vom Empa-Spin-off Urban Sympheny AG kommerzialisiert wird. //

## Neue Technologien wirtschaftlich erfolgreich umgesetzt

Die Business-Inkubatoren der Empa haben im vergangenen Jahr 48 Start-ups mit insgesamt 474 Mitarbeitenden von der ersten Geschäftsidee bis hin zum Markteintritt begleitet.

Davon waren zwölf Start-ups im Jahr 2020 im Business Incubator glatec in Dübendorf eingemietet; die Teams von weiteren zehn Jungfirmen – die teilweise noch zu gründen sind – erhielten Beratung oder Coaching. Einer der hochmotivierten künftigen Jungunternehmer ist Kilian Schillai mit seiner Firma epra Engineering. Er hat sich nach vielen Jahren in der Forschung an der Empa und der ETH Zürich zum Ziel gesetzt, sein Wissen und seine Erfahrung über die Alterung der Energieinfrastruktur in die Praxis umzusetzen. Wesentliche Teile des Energienetzes sind über 50 Jahre alt. Die in der Vergangenheit eingesetzten Werkstoffe, Konstruktionen und Prozesse unterscheiden sich erheblich vom derzeitigen Stand der Technik, so dass die Anwendung heute üblicher Auslegungsverfahren und Armaturen zu Schäden führen kann. Die Schwerpunkte seiner geplanten Tätigkeit sind Zustands- und Schadensanalysen sowie Simulationen und Messungen.

Aber auch die etablierten Empa-Spin-offs im glatec entwickelten sich in

einem schwierigen Jahr erfolgreich weiter. «Urban Sympheny» etwa erhielt einen Anerkennungspreis im Rahmen des «Empa Innovation Award 2020» für ihre Software-Plattform zur Planung nachhaltiger Energiesysteme. Damit honoriert die Empa die Anstrengungen ihrer Forschenden, mit angewandter marktorientierter Forschung weitere Brücken zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zu schlagen (siehe Seite 47).

«Swiss Wood Solutions» hat unter der Bezeichnung «Wooden Smart Cards» Bankkarten aus Holz entwickelt. Diese Karten werden aus einheimischen Hölzern wie Ahorn, Riegelahorn, Kirsche, Eiche oder Fichte hergestellt. Sie bieten erstklassige Ästhetik, angenehme Haptik und volle Funktionalität. Sie sollen die herkömmlichen Plastikkarten zumindest teilweise ersetzen. Durch die Verwendung von Kunststoffprodukten auf Erdölbasis entstehen bei der Herstellung nicht nur grosse Mengen an Treibhausgasen, sondern deren Einsatz verursacht auch ein enormes Abfallproblem, da es an ausreichenden Recyclingkonzepten und -infrastruktur mangelt.

### Der Innovationspark Ost kommt!

Startfeld in St. Gallen feierte 2020 sein zehnjähriges Bestehen. Der gemeinsame

Mario Jenni, [mario.jenni@empa.ch](mailto:mario.jenni@empa.ch)  
Peter Frischknecht, [peter.frischknecht@empa.ch](mailto:peter.frischknecht@empa.ch)

Inkubator der Empa, der Universität St.Gallen und der Ostschweizer Fachhochschule leistete mehr als 150 Erstberatungen, unterstützte zwölf Projekte mit Förderpaketen von bis zu 10500 Franken und leistete drei Finanzierungen im Gesamtumfang von 900000 Franken.

Das Empa-Projekt anavo erhielt das Spin-off-Label der Empa und der Universität St.Gallen. Dessen Nanopartikel-Paste basiert auf einer einzigartigen Formulierung, die auf modernster Nanotechnologie aufbaut. Sie steigert die körpereigene Fähigkeit zur Selbstheilung und hält bakterielle Infektionen in Schach. Die Paste hilft Chirurgen, die die Sicherheit und das Überleben der Patienten gewährleisten möchten, indem sie chirurgische Komplikationen reduziert und eine schnelle Heilung ermöglicht. Entwickelt wurde die Technologie an der Empa in St. Gallen und an der ETH Zürich. anavo war der Gewinner des «Empa Innovation Award 2020» (siehe Seite 47).

Die matriq AG, ein Spin-off des OST Campus Buchs, gewann den Startfeld Diamant 2020, die Venture Kick Phasen I und II und war Finalistin bei venture. matriq bietet innovative Lösungen für die individuelle Kennzeichnung von Kunststoffteilen aller Art. Mit ihrer

DynamicMold-Technologie erfolgt die Kennzeichnung direkt in der Fertigungsmaschine, ob beim Spritzgiessen, Blasformen oder Thermoformen. Neben der Anwendung zur Rückverfolgbarkeit bietet die DynamicMold-Technologie auch die Möglichkeit, den Produktschutz zu integrieren.

Die Aktivitäten von Startfeld fanden auch Eingang in die Bewerbung der Ostschweiz für den Innovationspark Ost im Rahmen des Innovationsnetzwerks «Switzerland Innovation». Diese Bewerbung wurde vom Stiftungsrat von «Switzerland Innovation» zuhanden des Bundesrates positiv beurteilt. Somit steht der Umsetzung des Innovationsparks Ost mit dem Hauptstandort in unmittelbarer Nachbarschaft zur Empa in St. Gallen sowie einem weiteren in Buchs nichts mehr im Wege. //



1



2

1  
Der Hauptstandort des geplanten Innovationsparks Ost liegt in unmittelbarer Nähe der Empa.

2  
«Swiss Wood Solutions» hat unter dem Namen «Wooden Smart Cards» Bankkarten aus einheimischen Hölzern entwickelt. Bild: Swiss Wood Solutions

Gabriele Dobenecker, gabriele.dobenecker@empa.ch

**M**obilität ohne Grenzen, ein steigender Energiehunger, Gesundheit und Leistungsfähigkeit bis ins hohe Alter, komfortabler Wohn- und Lebensraum – wie lassen sich all diese Bedürfnisse befriedigen, wenn wir zugleich die Erde sorgsam behandeln und so an unsere Kinder weitergeben wollen, dass auch sie sich noch darauf wohlfühlen? Die Antwort liegt in der Entwicklung innovativer Technologien und neuartiger Materialien, mit denen wir unsere Zukunft nachhaltig, lebenswert, resilient und wirtschaftlich erfolgreich gestalten können.

Was uns dabei vorschwebt, ist ein Wirtschaftssystem, das letztlich in Kreisläufen denkt und handelt und sich von der bisherigen Wegwerfgesellschaft möglichst verabschiedet. Das Schliessen von Material- und Stoffkreisläufen ist daher für uns – wo immer möglich – ein zentraler Gedanke. Denn unsere Rohstoffreserven sind endlich – und viel zu wertvoll, um sie nicht wiederzuverwerten.

Mit dem Empa Zukunftsfonds unterstützt die Empa Forschungsvorhaben und vielversprechende Forschertalente, die anderweitig noch keine Förderung erhalten: zukunftsweisende Ideen, die einen wesentlichen Beitrag zu einer nachhaltigeren Welt leisten können. Der Zukunfts-

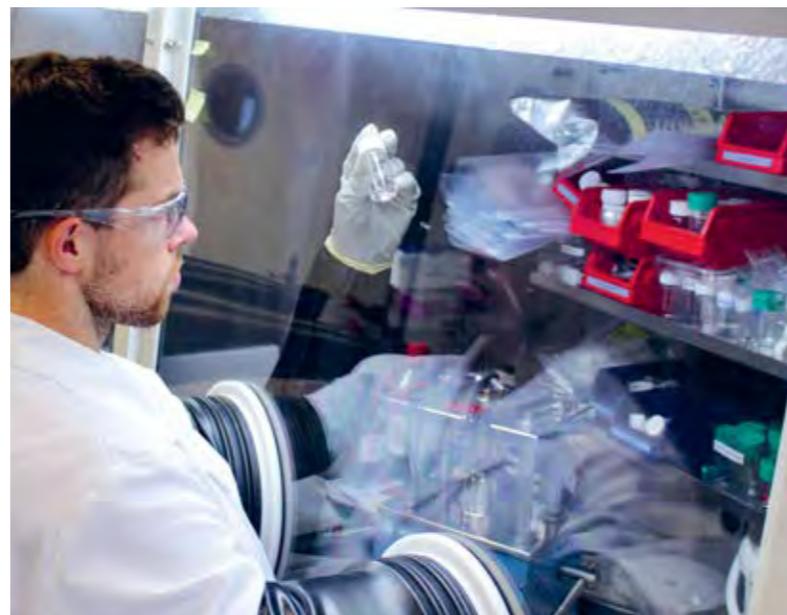
fonds vergibt Mittel, die ihm von Unternehmen, Stiftungen und Privatpersonen als gemeinnützige Donationen anvertraut werden.

## Aufbruch zu einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft

Eine ökologisch und ökonomisch funktionierende Kreislaufwirtschaft braucht neuartige kreislauffähige Materialien, Prozesse und Systeme. In ihrem «Research Call 2020» im strategischen Themenbereich «Circular Economy» hat die Empa neuartige und potenziell bahnbrechende Ideen zur Lösung dieser Herausforderungen gesucht und zukunftsweisende Forschungsprojekte für kreislauffähige Materialien, Prozesse und Systeme initiiert. Insgesamt waren knapp 40 Projekte eingegangen, 15 davon erhielten Fördergelder; zwei Projekte von diesen 15 wurden zudem von der Ernst Göhner Stiftung gefördert.

## Fluor-Recycling für Lithium-Ionen-Akkus

Eines davon ist das Forschungsprojekt «Fluoribat». Aufgrund der enormen Menge an Batterien, die gefertigt und recycelt werden müssen, gerät ein chemisches Element in den Fokus, über das bislang nur selten diskutiert wurde: Fluor.



1

1 Maximilian Becker forscht an der Empa an wasserstabilen Lithiumsalzen für neuartige Lithium-Ionen-Akkus.



2

2 Stichflamme bei der Explosion eines Lithium-Ionen-Akkus (Typ 18650). Lithium-Ionen-Akkus auf Wasserbasis wären ungefährlicher in der Handhabung und zugleich leichter zu recyceln.

Es steckt – in kleinen Mengen – in allen Lithium-Ionen-Akkus. Die Elektrolytflüssigkeit eines solchen Akkus enthält fluorreiche Salze, die an feuchter Luft zu giftigem, stark ätzendem Fluorwasserstoff zerfallen. Während die Batterie in Betrieb ist, muss sie also in einer vollkommen dichten, luftundurchlässigen Hülle stecken, sonst emittiert sie giftige Fluor-Verbindungen. Spätestens beim Recycling wird jedoch die luftdichte Hülle aufgeschlitzt. Der nun entstehende Fluorwasserstoff macht das Recycling kompliziert und teuer. «Fluoribat» will dieses Problem lösen. So könnte der Lebenszyklus eines Akkus deutlich nachhaltiger und zugleich sicherer werden.

## Entwicklung von umweltfreundlichem Ultra-Hochleistungsbeton

Ein weiteres Projekt zielt darauf ab, einen bedeutenden Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung in der Bauindustrie zu leisten, indem ein umweltfreundlicher Ultra-Hochleistungsbeton entwickelt wird, der volumetrisch mit Formgedächtnislegierungen (SMA von «shape memory alloy») vorgespannt ist. Ziel des Projektes ist die Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Verwendung von Beton mit wesentlich weniger gewöhnlichem Portlandzement – der hauptsächlich für die schlechte

CO<sub>2</sub>-Bilanz von Beton verantwortlich ist – und die Verbesserung der Dauerhaftigkeit von Konstruktionselementen herzustellen und die Lebensdauer von Bauwerken zu verlängern.

## Alles online

Da Präsenzveranstaltungen im Jahr 2020 aufgrund der Pandemie kaum möglich waren, wurde der Spenderinnen- und Spender-Anlass des Empa Zukunftsfonds im Dezember erstmals vollständig virtuell durchgeführt. In einer kurzweiligen Präsentation wurde den Gönnerinnen und Gönnern ein Überblick über die spannendsten Projekte des Jahres gegeben. //

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

Der direkte Austausch mit unseren internationalen Partnern – das Netzwerk der Empa ist praktisch weltumspannend und umfasst Kooperationsprojekte mit Forschenden aus nahezu 100 Ländern – hat durch die Pandemie vermutlich am meisten gelitten. Zahlreiche Treffen wurden zunächst abgesagt, später in den virtuellen Raum verlegt – Zoom und Co. sei Dank.

Zu Beginn des Jahres verlief das Networking noch nahezu «normal». So konnte die Empa in den ersten beiden Monaten 2020 erneut verschiedene internationale Delegationen vor Ort willkommen heissen und sich mit ihnen über künftige Herausforderungen und innovative Lösungsansätze austauschen. Im Februar liess sich etwa eine Delegation der Britischen Botschaft von Empa-Direktor Gian-Luca Bona durch das Innovationsgebäude NEST führen. Kurz davor war auch bereits die Energiedelegation der deutschen Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) im NEST zu Besuch und diskutierte mit dem stellvertretenden Empa-Direktor Peter Richner weitere Möglichkeiten künftiger Kooperationen im Energiebereich.

Ab März und April fanden dann nur noch vereinzelte Treffen live statt; ansonsten sah die Direktion der Empa ihre

Peers (fast) nur noch auf dem Bildschirm, etwa im Rahmen verschiedener Kuratoriums- und Beiratssitzungen ausländischer Universitäten und Forschungsinstitutionen sowie für Meetings im Rahmen internationaler Grossforschungsprojekte, an denen die Empa beteiligt ist, wie das ICON-Projekt zur Entwicklung neuartiger Batterietechnologien mit der Fraunhofer-Gesellschaft. Ausserdem vertrat Pierangelo Gröning die Schweiz, gemeinsam mit Vertretern des Staatssekretariats für Bildung, Forschung und Innovation (SBFI), bei einem Expertentreffen für den Bereich Nano-, Material-, Bio- und Produktionstechnologien (NMBP) des neuen EU-Forschungsförderungsrahmenprogramms «Horizon 2020». Und im Juni nahmen Brigitte Buchmann und der Empa-Forscher und Leiter der Demonstrationsplattform ehub (s. Seite 28), Philipp Heer, als Referenten an den «Swiss-US Energy Innovation Days 2020» (SUEID) teil.

Was hat uns diese neue Erfahrung für die Zukunft, die «neue Normalität» von morgen, gelehrt? Vieles klappt gut, manches sogar besser. Schneller und einfacher ist es ohnehin, sich im virtuellen Raum zu treffen als über den (realen) Globus zu reisen. Ein weiterer positiver Nebenaspekt: Der ökologische Fussabdruck der Empa hat sich durch die ver-

minderte Reisetätigkeit 2020 ebenfalls verringert. Gleichwohl wird die Empa auch in Zukunft – sobald dies wieder möglich sein wird – den direkten persönlichen Austausch mit ihren zentralen Stakeholdern suchen und pflegen. Denn manches geht einfacher, wenn man sich gegenüber sitzt, vor allem dann, wenn man sich zum ersten Mal trifft – auch das hat uns die Pandemie gelehrt. //



1 Empa-Direktor Gian-Luca Bona mit der britischen Botschafterin Jane Owen (zweite von rechts) und weiteren Delegationsmitgliedern in der NEST-Unit Urban Mining.

2 Empa-Abteilungsleiter Christian Bach stellt im Februar 2020 im Präsentationsraum des NEST einer Gruppe den «Future Mobility Demonstrator» und Optionen zur postfossilen Mobilität vor – kurz danach können solche Meetings praktisch nur noch virtuell abgehalten werden.



## Wenn der Dialog nur noch virtuell stattfinden kann ...

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

Normalerweise lesen Sie an dieser Stelle, wie wichtig der Empa der direkte Dialog mit all ihren «Stakeholdern» ist und wie sie diesen Austausch pflegt. Am Stellenwert hat sich nichts geändert – wohl aber an der Art und Weise ... Coronageschuldet.

Die Zahlen sind eindeutig – besser gesagt – beängstigend: Konnten wir 2019 noch mehr als 15000 Besucherinnen und Besucher an der Empa willkommen heissen, sei es bei einer Führung durch die verschiedenen Empa-Labors, bei einer der zahlreichen Fachveranstaltungen an der Empa-Akademie oder im NEST und in den anderen Leuchtturmprojekten der Empa, so sank diese Zahl im vergangenen Jahr auf nicht einmal 3000 – also um sage und schreibe 80 Prozent. Unzählige Besuche und Events, die bereits geplant waren, mussten abgesagt werden – so leider auch der Tag der offenen Tür im Juni zum 140-jährigen Bestehen der Empa.

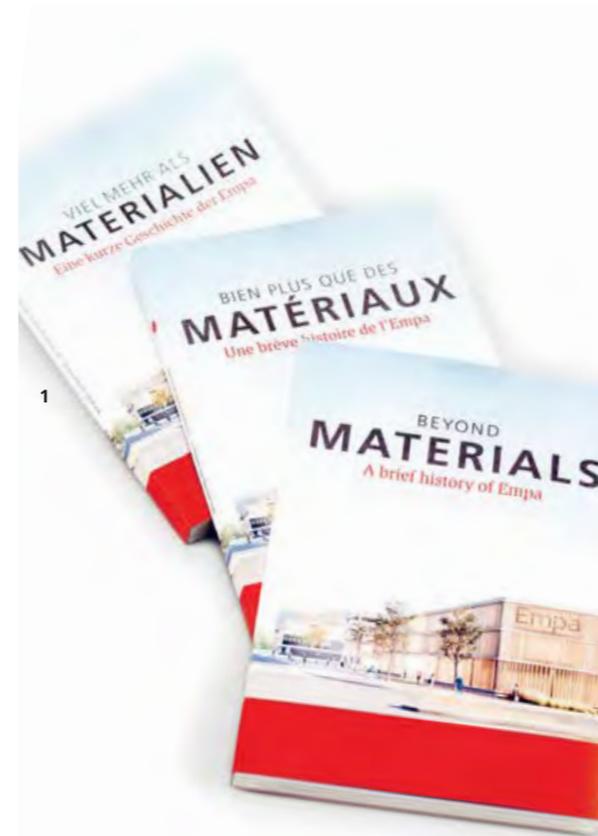
### Die Empa virtualisiert sich

Als Reaktion darauf hat die Empa sich verstärkt – und deutlich schneller als ursprünglich vorgesehen – «virtualisiert»: Die Empa-Akademie hat vermehrt hybride und rein virtuelle Veranstaltungen durchgeführt – mit immerhin bereits 850 Online-Teilnehmern – und wird ihr Angebot in

diesem Bereich künftig weiter ausbauen. Und im NEST steht Besucherinnen und Besuchern bald einmal die Möglichkeit offen, virtuell durch die verschiedenen Units des Forschungsgebäudes zu spazieren und deren zahlreiche Innovationen interaktiv zu erfahren und zu erleben – mittels Podcasts, Videos, Chatbots und dergleichen. So wollen wir versuchen, in der digitalen Welt einen möglichst adäquaten Ersatz für Live-Events und -Besuche zu bieten – wohl wissend, dass dabei der lebhafteste Austausch und das Networking – zentrale Elemente unserer Kommunikationsaktivitäten – nicht im gleichen Ausmass gepflegt werden können.

Gleichwohl statteten – sobald es die Umstände zuließen – auch im vergangenen Jahr verschiedene Delegationen, meist auf Geschäftsleitungsebene, der Empa einen Besuch ab und tauschten sich mit der Empa-Direktion und den Forschenden über anstehende Herausforderungen und Projekte aus. Darunter waren unter anderem Institutionen wie der Schweizerische Nationalfonds (SNF), die Branchenverbände «Science Industries» und Swissmem sowie das Bundesamt für Umwelt (BAFU). Die Direktion des BAFU konnte anlässlich ihres Besuchs im Juli gemeinsam mit den Projektverantwortlichen der Empa auch gleich die nagelneue

Messstation des Schweizer Beobachtungsnetzwerks für Luftfremdstoffe (NABEL) in Dübendorf feierlich eröffnen, allerdings in bescheidenem Rahmen.



1

Mit dem Buch «Viel mehr als Materialien» gibt die Empa einen Einblick über ihre Geschichte – und einen Ausblick in die Zukunft. Es zeigt, wie Innovationen aus den Empa-Labors dazu beitragen, die Herausforderungen der Zukunft zu meistern und die Schweiz international wettbewerbsfähig zu halten.

2

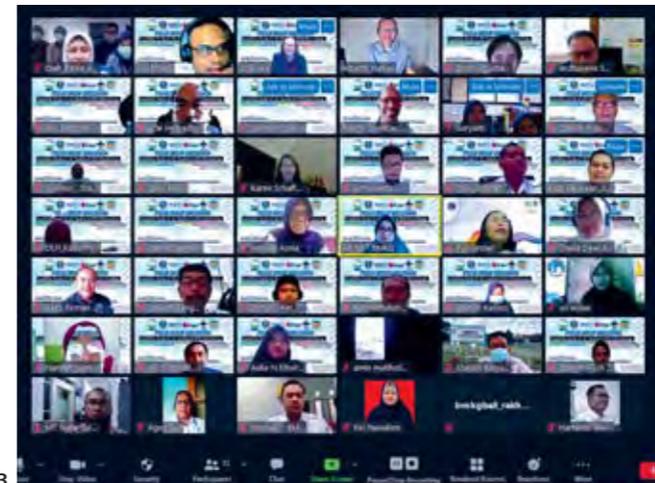
Das Schweizer Fernsehen beim Dreh im Labor der Abteilung «Biomimetic Membranes and Textiles». Das Medieninteresse an der Empa-Forschung – gerade im Zusammenhang mit Corona – war im Pandemiejahr enorm hoch.

3

Das Empa PhD Symposium 2020 wurde wie viele andere Anlässe als hybride Konferenz durchgeführt. Nur wenige Vortragenden und Teilnehmende waren vor Ort, die meisten per Computer zugeschaltet.



2



3

### Medienresonanz wie noch nie – auch «dank» Corona

Weniger von (biologischen) Viren betroffen ist die digitale Kommunikation. Und die war 2020 denn auch äusserst erfolgreich – trotz oder vielleicht gerade wegen Corona ... Denn die Empa-Forschenden haben in verschiedenen Projekten, unter anderem als Mitglieder der Science Task Force des Bundes, dazu beigetragen, der Lage Herr zu werden (siehe Seite 30). So war das Medieninteresse an der Empa-Forschung auch im Pandemiejahr enorm hoch: Knapp 7700 Medienartikel in 38 Sprachen berichteten über die Forschungsaktivitäten der Empa – so viele (und so international) wie nie zuvor und eine weitere Steigerung gegenüber dem bereits rekordhohen Vorjahr.

Ein ganz besonderes Kommunikationsprodukt erschien ebenfalls 2020: Das Buch «Viel mehr als Materialien», das reich bebildert und illustriert auf knapp 220 Seiten die 140-jährige Geschichte der Empa erzählt – von ihren Anfängen in einem bescheidenen Kellerlabor an der ETH Zürich als Prüfstelle für Baumaterialien bis zum modernen Forschungsinstitut, das sie heute ist. Dabei hat sie immer wieder die Schweizer Industriegeschichte massgeblich mitgeprägt. //

## Wissenschaftlerinnen äusserst produktiv – trotz Corona

Seit April 2020 gab es Erhebungen zur wissenschaftlichen Publikationstätigkeit von Frauen weltweit, die darauf hindeuten, dass Frauen wegen Corona weniger publizieren. Dies, weil sie stärker in der Care-Arbeit engagiert sind als Männer bzw. in Haus und Familie mehr Arbeitsstunden leisten. Dies betrifft besonders stark Alleinerziehende. Daher hat auch die Empa eine Erhebung betreffend Erstautorinnen von Peer-Review-Publikationen gemacht. Dabei zeigte sich: An der Empa konnte kein derart nachteiliger Effekt festgestellt werden. Der Anteil an Autorinnen stieg im Vergleich der letzten beiden Jahre von 26,2 auf 28,9, obwohl der Anteil Frauen beim wissenschaftlichen Personal leicht abnahm – von 26 auf 25,5 Prozent. Erhebungen zu Autorinnen in den folgenden Jahren sollen nun zeigen, ob der Corona-Effekt eventuell mit Verzögerung eintritt.

In diesem schwierigen Umfeld ist es schon fast antizyklisch, dass es der Empa-Forscherin Dorina Opris 2020 gelungen ist, einen der prestigeträchtigen «Consolidator Grants» des europäischen Forschungsrats (ERC) zu erringen, der mit zwei Millionen Euro dotiert ist. Mithilfe des Grants kann die Forscherin über die nächsten fünf Jahre ihre Forschungs-

gruppe im Bereich neuartiger Polymere zur Energieumwandlung weiter ausbauen.

### Aktionsplan Chancengleichheit für die nächsten vier Jahre

Engagierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter haben den neuen Aktionsplan Chancengleichheit der Empa erarbeitet. Fünf Schwerpunkte bilden das Gerüst, auf dem der Plan aufbaut: 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.

Der Aktionsplan umfasst verschiedene Massnahmen wie zum Beispiel:

- Eine jährliche Sensibilisierung aller Empa-Mitarbeitenden gegenüber dem Problem unbewusster Vorurteile («unconscious bias»)
- Die Förderung von Frauenkarrieren in Wissenschaft und Industrie mittels verschiedener Programme («Fix the leaky pipeline», CONNECT und neu «We advance»)
- Den Wissensaustausch betreffend Unterstützungsprogramme und flexible Arbeitsmodelle von jungen Eltern anstossen
- Die Kulturen ausländischer Mitarbeitenden besser kennenlernen

Dr. Marianne Senn, marianne.senn@empa.ch

Weitere Informationen zum Aktionsplan finden sich auf der Empa-Website unter «Chancengleichheit».

### Forschung für die Jugend

Auch diesen Sommer konnte – trotz erschwerter Umstände – ein einwöchiges Camp für Kinder der Empa-Mitarbeitenden stattfinden, in dem sie auf spielerische Weise den Arbeitsplatz ihrer Eltern kennenlernten. Der äusserst beliebte Zukunftstag für Mädchen und Knaben mit Berufseinblicken in die technische und wissenschaftliche Welt der Empa im November musste dann aber – wie so viele andere Veranstaltungen – wegen Corona leider ausfallen. //



1 Empa-Forscherin Dorina Opris forscht an neuartigen Polymeren. Im Jahr 2020 hat sie als eine von knapp 330 Forschenden aus ganz Europa einen der begehrten «Consolidator Grant» des Europäischen Forschungsrates (ERC) erhalten. Oberes Bild: BM PHOTOS im Auftrag des SNF



2 Cool bleiben im Sommercamp: Beim Zinngiessen heisst es warten, ruhig bleiben und die Flamme immer im Auge behalten.

2020 war ein sehr interessantes Jahr, konnten doch die Pandemie-bedingten Umstände genutzt werden, um Umweltauswirkungen real zu untersuchen. Radikale Massnahmen wie die Reduktion der Geschäftsflüge oder die reduzierte Belegung von Büros und Labors zugunsten von Homeoffice mussten getroffen werden. Aber brachten diese einschneidenden Massnahmen auch eine entsprechende Reduktion der Umweltauswirkungen mit sich? Im Bereich des Geschäftsverkehrs hat sich bestätigt, was zu erwarten war: Flüge und Dienstreisen mit der Bahn und mit Autos sind deutlich zurückgegangen (Flüge um fast 80 Prozent). Auch beim Wasser- und Papierkonsum war ein deutlicher Rückgang zu verzeichnen. Hingegen gab es erstaunlicherweise praktisch keine Einsparungen beim Bedarf an Elektrizität und Wärme. Unsere Infrastruktur verlangte also unabhängig von der personellen Nutzung gleich viel Energie, was zu Überlegungen für flexiblere Bedarfsanpassung führen muss. Aus Umweltsicht schwierig zu bewerten sind die Auswirkungen von mehr Homeoffice. Wie stark hat sich der verminderte Pendlerverkehr ausgewirkt, was sind die Effekte der deutlich gesteigerten Nutzung von virtuellen Kommunikationsmitteln?

## Kompensation von CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Geschäftsverkehr

Umweltabgaben an Dritte werden – häufig nicht zu Unrecht – kritisch betrachtet oder sogar als Ablasshandel beurteilt, weil dabei keine Selbstverantwortung übernommen wird. Die Empa hat 2020 ein interessantes CO<sub>2</sub>-Kompensationssystem eingeführt, das für den gesamten Geschäftsverkehr mit Flugzeugen und Autos gilt. Die Abgabe pro Tonne emittiertes CO<sub>2</sub> ist höher als bei kommerziellen Anbietern mit Kompensationsprojekten vorwiegend im Ausland. Bei der Empa wird der Ertrag aus der CO<sub>2</sub>-Abgabe nun intern für die Umstellung von fossilen Brennstoffen auf Biogas verwendet, wodurch ein direkter Nutzen für die Erreichung unserer Klimaziele resultiert. Gemäss den Vorgaben im «Klimapaket Bundesverwaltung» muss der Bund inklusive ETH-Bereich im Jahr 2030 bereits «net zero» CO<sub>2</sub>-Emissionen erreichen.

## Engagement von Mitarbeitern in Umweltbelangen

Für viele Mitarbeitende ist umweltgerechtes Verhalten im privaten Umfeld ein Anliegen. Normalerweise ist man im Arbeitsalltag den Beschlüssen des Arbeitgebers ausgeliefert, man akzeptiert die Verhältnisse am Arbeitsplatz als vorgegeben. Erfreulicherweise ändert sich dies zuneh-

Marcel Gauch, marcel.gauch@empa.ch

mend, beispielsweise wurde 2020 eine Grassroot-Gruppe für Nachhaltigkeitsfragen gegründet, welche mit kleinen Beiträgen die offiziellen Anstrengungen der Empa in Richtung Nachhaltigkeit unterstützt. Ein Beispiel dafür ist der nationale Clean-Up Day, welcher gemeinsam mit der Eawag durchgeführt wurde. //



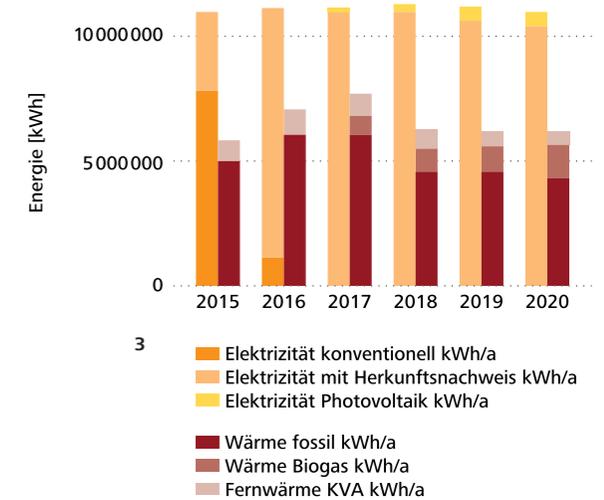
1



1  
Gemeinsames «Aufräumen» am Clean-Up Day im September 2020. Die Grassroot-Gruppe wurde dabei von Leuten des Facility Managements unterstützt, am Standort Dübendorf auch von Mitarbeitenden der Eawag.

2  
Massive Einschränkungen beim Flugverkehr: Leere Check-in-Schalter am Flughafen Zürich.

3  
Trend des Empa Energieverbrauchs: Der thermische Energiebedarf (Gebäudeinfrastruktur) ging trotz weniger Personalbelegung nicht zurück, der Anteil Biogas/erneuerbar konnte dank Erträgen aus der internen CO<sub>2</sub>-Abgabe gesteigert werden. Der Elektrizitätsbedarf war leicht rückläufig.



2



## Zahlen und Fakten

Forscher messen gerne, unter anderem auch ihre eigene Leistung: 2020 haben Empa-Forscherinnen und -Ingenieure 852 wissenschaftliche Publikationen veröffentlicht und 15 Entwicklungen zum Patent angemeldet. Ende Jahr liefen an der Empa 104 vom Schweizer Nationalfonds (SNF) finanzierte Projekte, 81 Projekte, die von der Innosuisse unterstützt wurden, und 72 EU-Projekte. Die 29 Spin-offs beschäftigten zusammen mit weiteren Start-ups in den beiden Business-Inkubatoren der Empa insgesamt 1147 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, zu analysieren, Massnahmen zu treffen und diese auf ihren Nutzen hin zu überprüfen. 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 und konsequenten 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 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 als nötig erachtet – angepasst.

## Herausforderung COVID-19

COVID-19 hat, wie alle anderen Bereiche des Lebens, auch die Arbeit des Risk Management im Jahr 2020 beherrscht. Der allgemeine Lockdown traf auch die Empa. Die Direktion entschied, einen Minimalbetrieb aufrechtzuerhalten. Ein Grossteil der Belegschaft arbeitete im Homeoffice – mit Ausnahme eines stark reduzierten Minimalbestandes von Forschenden und unterstützendem Personal, welches für kritische Forschungsprojekte wie z.B. Entwicklung von Masken und die Gewährleistung deren Sicherheit notwendig waren.

Einen solchen Minimalbetrieb mit der Wahrung der grösstmöglichen Sicherheit für die Arbeitnehmenden zu organisieren und zu betreiben, stellte eine Herausforderung für die Risikomanagement-Organisation dar und hat einen Grossteil der Ressourcen gebunden. Ein bereits vorhandenes Pandemiekonzept erleichterte den strukturierten Einstieg in eine bis dahin weitgehend unbekannte Situation. Eine besondere Rolle bei der Bewältigung der Krise nahm dabei der betriebliche Rettungsdienst der Empa ein. Er war das Bindeglied der Empa zu den nationalen und kantonalen Behörden, wobei er alle epidemiologischen Erkenntnisse in die internen Abläufe und Massnahmen einfliessen liess und die Konzepte mitgestaltete. Der betriebliche Rettungsdienst übernahm, zusätzlich zur normalen medizinischen Versorgung der Empa und der Eawag, das interne Contact Tracing, die Beratung der Mitarbeitenden in Bezug auf alle COVID-19-spezifischen Fragen. Ausserdem führte er über 100 Schulungen zu den Hygienemassnahmen und dem Umgang mit Masken für alle Mitarbeitenden der Empa und der Eawag an allen drei Standorten durch. Hunderte Gespräche, Mails und Telefonate sowie eine Vielzahl an sinnvollen Massnahmen sensibilisierte

und beruhigte die Mitarbeitenden. Eine direkte Ansteckung zwischen Mitarbeitenden an den Instituten konnte erfolgreich verhindert werden.

## Weiterentwicklung der Sicherheitsorganisation

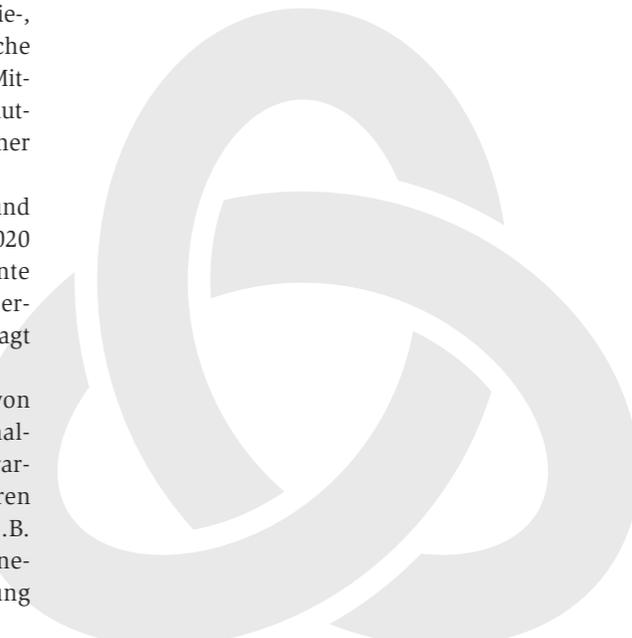
Einen zentraler Punkt der Präventionsbemühungen der Empa bildet die Schulung der Mitarbeitenden. Das Risikomanagement bietet ein breites Schulungsangebot in den Gebieten Chemie-, Nanotechnologie-, Lasersicherheit usw. für unterschiedliche Anwenderstufen an. Bei 450 bis 500 Eintritten von neuen Mitarbeitenden und akademischen Gästen pro Jahr eine Mammut-Aufgabe, welche durch die Corona-Situation nicht einfacher geworden ist.

Der betriebliche Rettungsdienst wie auch das Feuer- und Chemiewehrteam haben ihr Übungsregime auch im Jahr 2020 aufrechterhalten. Mit punktuellen Weiterbildungen konnte der Ausbildungsstand weiter gehoben werden. Themenübergreifende Übungen wurden aus COVID-19-Gründen abgesagt und auf einen späteren Zeitpunkt verschoben.

Infolge der zunehmenden Zahl an Flugbewegungen von Drohnen auf den Campus mussten eine Regelung zur Einhaltung von Mindestanforderungen im Sicherheitsbereich erarbeitet und rechtliche Fragen geklärt werden. Im Weiteren wurde die Beschaffung von spezifischem Equipment wie z.B. diversen Absperr- und Informationsmaterialien oder geeigneten Feuerlöschern notwendig. Die entsprechende Weisung wurde zum 1. Oktober 2020 in Kraft gesetzt.

Das Thema Informationssicherheit hat im vergangenen Jahr für unsere Institution weiter an Relevanz gewonnen. Eine Weisung für den Umgang mit der komplexen Cloud-Thematik wurde erarbeitet und steht kurz vor der Einfüh-

rung. Es wurde ein Kernteam ins Leben gerufen mit dem Ziel, das Thema Informationssicherheit systematisch anzugehen, die Situation zu analysieren und einen auf die Bedürfnisse der Empa abgestimmten Rahmen zu definieren und zu implementieren. //



# Personelle Entwicklung

(in Klammern die Vorjahreszahlen)

André Schmid, andre.schmid@empa.ch

Ende 2020 arbeiteten inklusive der Lernenden 1022 (1033) Personen an der Empa. Dies entspricht, bedingt durch die vielen Teilzeitmöglichkeiten, einem Vollzeitäquivalent (FTE) von 958,2 (967,5) Stellen.

Der Bestand an wissenschaftlichem Personal inklusive Doktoranden und Postdoktoranden beträgt 588 (593) Personen. Davon sind 104 (103) Senior Scientists. Als technisches/administratives Personal waren im Berichtsjahr 393 (398) Personen tätig. Der Frauenanteil von 29,7 (30,4) Prozent widerspiegelt die Absolventenzahlen der Universitäten und der ETH bei den Fakultäten, die an der Empa vertreten sind.

Der Ausländeranteil liegt mit 470 (468) Personen bei 46,0 (45,3) Prozent des gesamten Personalbestands. Aus dem EU-Raum stammen 285 (287) Personen, das sind 60,6 (61,3) Prozent aller ausländischen Mitarbeitenden. Die Empa bietet eine breite Palette von Berufslehren an und beschäftigt 41 (42) Lernende. Auch 2020 haben alle Lernenden die Abschlussprüfungen bestanden. //

## PERSONALBESTAND ENDE JAHR

	2019	2020
Wissenschaftliches Personal	593	588
Technisches/administratives Personal	398	393
Lernende	42	41
<b>Total</b>	<b>1033</b>	<b>1022</b>

# Kennzahlen

## WISSENSCHAFTLICHER OUTPUT

	2019	2020
ISI-Publikationen	718	852
Konferenzbeiträge	1250	494
Doktoratsabschlüsse	37	28
Laufende Doktorate	208	199
Lehrtätigkeit (in Stunden)	4406	4942
Preise/Auszeichnungen	81	46

## MEDIENPRÄSENZ

	2019	2020
Radio	169	118
TV	63	55
Print	1730	1405
Online	5500	6090
<b>Total</b>	<b>7460</b>	<b>7665</b>
Sprachen	34	38

## EMPA-AKADEMIE

	2019	2020
<b>Empa-Veranstaltungen</b>	<b>48</b>	<b>24</b>
Teilnehmende	2280	1300
Davon vor Ort/online		450 / 850
Wissenschaftliche Tagungen	12	6
Fachveranstaltungen für die Wirtschaft	21	13

## WISSENS- & TECHNOLOGIETRANSFER

	2019	2020
Neue F&E-Vereinbarungen	193	208
Aktive Verwertungsverträge (Lizenz/Option/Verkauf)	66	66
Neue Verwertungsverträge	12	14
Neue Patentanmeldungen	12	15

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

	2019	2020
<b>Firmen gesamt</b>	<b>104</b>	<b>119</b>
Davon Spin-offs	27	29
<b>Mitarbeitende gesamt</b>	<b>956</b>	<b>1147</b>
Davon Mitarbeitende der Spin-offs	136	155

## LAUFENDE PROJEKTE

	2019	2020
SNF	105	104
Innosuisse	89	81
EU	72	72

## **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**

Henning Fuhrmann **Dr., Siemens, Zug**

### **MITGLIEDER**

Kurt Baltensperger **Dr., ETH-Rat, Zürich**

Burkhard Böckem **Dr., Hexagon, Heerbrugg**

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

Andreas Hafner **Dr., BASF, Basel**

Markus Hofer **Dr., Bühler, Uzwil**

Urs Mäder **Dr., SATW, Zürich**

Andreas Schreiner **Dr., Novartis, Basel**

## **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 Dürig **Dr., IBM, Rüschlikon**

Thomas Egli **Prof. em. Dr., Feldmeilen**

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

Alexander Wokaun **Prof. Dr., Endingen**

# Organigramm

Stand Mai 2021

## 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

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 / [www.empa.ch/web/empa/empa-portal](http://www.empa.ch/web/empa/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 a.i.

### 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 2020

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.

**76**

Erfolgsrechnung

**78**

Bilanz

**80**

Eigenkapitalnachweis

**84**

Geldflussrechnung

**86**

Anhang

**139**

Bericht der Revisionsstelle

# Erfolgsrechnung

TCHF	Anhang	2020	2019	Veränderung absolut
Finanzierungsbeitrag des Bundes		109 200	110 627	-1 426
Beitrag an Unterbringung		13 459	13 406	53
<b>Trägerfinanzierung</b>	<b>5</b>	<b>122 659</b>	<b>124 033</b>	<b>-1 373</b>
<b>Studiengebühren, Weiterbildung</b>	<b>6</b>	<b>27</b>	<b>215</b>	<b>-188</b>
Schweizerischer Nationalfonds (SNF)		8 750	8 179	571
Schweizerische Agentur für Innovationsförderung (Innosuisse)		9 757	9 221	536
Forschung Bund (Ressortforschung)		7 198	7 083	114
EU-Forschungsrahmenprogramme (EU-FRP)		5 972	6 905	-933
Wirtschaftsorientierte Forschung (Privatwirtschaft)		12 813	14 847	-2 034
Übrige projektorientierte Drittmittel (inkl. Kantone, Gemeinden, internationale Organisationen)		4 271	2 949	1 322
<b>Forschungsbeiträge, -aufträge und wissenschaftliche Dienstleistungen</b>	<b>7</b>	<b>48 761</b>	<b>49 184</b>	<b>-423</b>
<b>Schenkungen und Legate</b>	<b>8</b>	<b>810</b>	<b>382</b>	<b>427</b>
<b>Übrige Erträge</b>	<b>9</b>	<b>7 760</b>	<b>8 045</b>	<b>-285</b>
<b>Operativer Ertrag</b>		<b>180 017</b>	<b>181 859</b>	<b>-1 843</b>
Personalaufwand	10, 25	125 743	121 097	4 646
Sachaufwand	11	40 743	43 371	-2 628
Abschreibungen	18, 20	11 885	11 522	363
Transferaufwand	12	2 995	1 393	1 602
<b>Operativer Aufwand</b>		<b>181 366</b>	<b>177 384</b>	<b>3 983</b>
<b>Operatives Ergebnis</b>		<b>-1 349</b>	<b>4 476</b>	<b>-5 825</b>
Finanzergebnis	13	-32	-48	16
Ergebnis von assoziierten Einheiten und Joint Ventures		-	-	-
<b>Jahresergebnis</b>		<b>-1 381</b>	<b>4 428</b>	<b>-5 809</b>

Die Empa weist für das Jahr 2020 einen Jahresverlust von 1.4 Mio. Franken aus (2019: Jahresgewinn von 4.4 Mio. Franken).

Die Veränderung ist hauptsächlich auf die um 1.4 Mio. tiefere Trägerfinanzierung, die um 4 Mio. höheren operativen Aufwendungen und geringfügig tieferen Einnahmen zurückzuführen.

Die Nettovorsorgeverpflichtung (IPSAS 39) hat die Erfolgsrechnung erneut zusätzlich mit 5.2 Mio. belastet (VJ: 3.8 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 0.7 Mio. als Ertragserrhöhung (VJ: 0.6 Mio.) für bereits geleistete Projektarbeiten abgegrenzt.

Der operative Ertrag ist mit 180 Mio. etwas tiefer als im Vorjahr (VJ: 181.9 Mio.). Dieser Rückgang ist hauptsächlich auf den Rückgang an Aufträgen für wissenschaftliche Dienstleistungen infolge Covid-19 zurückzuführen.

Die Erträge aus Forschungsbeiträgen und wissenschaftlichen Dienstleistungen sind mit 48.8 Mio. nur geringfügig tiefer als im Vorjahr (-0.4 Mio.). Dies vor allem weil Forschungsprojekte der Innosuisse und des SNF vorangetrieben werden konnten. Die erbrachte Leistung für EU-Projekte ist projektbedingt um 0.9 Mio. tiefer als im Vorjahr.

Wie in 2019 aufgrund des höheren Zusprachenvolumens für Innosuisseprojekte erwartet, konnte der Umsatzgrad für diese Projekte um 0.5 Mio. gesteigert werden.

Dennoch kam es infolge Covid-19 auch im Zusammenhang mit den Forschungsprojekten zu zeitlichen Verzögerungen, deren finanzielle Auswirkungen sich spätestens bei Projektabschluss in der Erfolgsrechnung niederschlagen werden.

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

Der Ertrag aus Forschungsbeiträgen und -aufträgen beläuft sich auf 48.8 Mio. (VJ: 49.2 Mio.) nach Bestandsveränderung. Darin enthalten sind wissenschaftliche Dienstleistungen von

rund 8.0 Mio. (VJ: 9.1 Mio.). Auf die übrigen Erträge entfallen die restlichen 7.8 Mio. (VJ: 8 Mio.).

Der operative Aufwand ist mit 181.4 Mio. um 4 Mio. höher als im Vorjahr (VJ: 177.4) Der Hauptanteil des operativen Aufwands entfällt auf den Personalaufwand mit 125.7 Mio. (VJ: 121.1 Mio.) bzw. 69.3% des operativen Aufwands. Im Sachaufwand von 40.7 Mio. (VJ: 43.4 Mio.) ist auch der Raumaufwand für die durch die Empa genutzten Immobilien im Eigentum des Bundes (13.5 Mio.) enthalten. Das Total der Abschreibungen von 11.9 Mio. ist gegenüber dem Vorjahr etwas höher (+0.4 Mio.).

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

# Bilanz

TCHF	Anhang	31.12.2020	31.12.2019	Veränderung absolut
<b>Umlaufvermögen</b>				
Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen	14	111 572	106 455	5 117
Kurzfristige Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen	15	36 319	33 274	3 045
Kurzfristige Forderungen mit zurechenbaren Gegenleistungen	15	3 121	4 578	-1 457
Kurzfristige Finanzanlagen und Darlehen	19	40 610	40 633	-23
Aktive Rechnungsabgrenzungen	17	1 648	1 341	307
<b>Total Umlaufvermögen</b>		<b>193 270</b>	<b>186 280</b>	<b>6 990</b>
<b>Anlagevermögen</b>				
Sachanlagen	18	61 023	59 343	1 681
Immaterielle Anlagen	18	284	339	-54
Langfristige Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen	15	19 389	18 981	407
Langfristige Finanzanlagen und Darlehen	19	488	519	-31
Kofinanzierungen	20	6 633	6 848	-215
<b>Total Anlagevermögen</b>		<b>87 817</b>	<b>86 029</b>	<b>1 788</b>
<b>Total Aktiven</b>		<b>281 087</b>	<b>272 309</b>	<b>8 778</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 sich um 5.1 Mio. auf 111.6 Mio. erhöht.

TCHF	Anhang	31.12.2020	31.12.2019	Veränderung absolut
<b>Fremdkapital</b>				
Laufende Verbindlichkeiten	21	7 677	5 455	2 222
Kurzfristige Finanzverbindlichkeiten	22	-	-	-
Passive Rechnungsabgrenzungen	23	5 400	5 679	-279
Kurzfristige Rückstellungen	24	6 036	5 552	484
<b>Kurzfristiges Fremdkapital</b>		<b>19 113</b>	<b>16 686</b>	<b>2 427</b>
Zweckgebundene Drittmittel	26	64 185	61 279	2 906
Langfristige Finanzverbindlichkeiten	22	-	-	-
Nettovorsorgeverpflichtungen	25	69 126	153 111	-83 985
Langfristige Rückstellungen	24	4 515	4 759	-244
<b>Langfristiges Fremdkapital</b>		<b>137 826</b>	<b>219 149</b>	<b>-81 323</b>
<b>Total Fremdkapital</b>		<b>156 939</b>	<b>235 835</b>	<b>-78 896</b>
<b>Eigenkapital</b>				
Bewertungsreserven		-8 489	-97 544	89 055
Zweckgebundene Reserven		40 332	33 383	6 948
Freie Reserven		92 936	97 347	-4 412
Kofinanzierungen	20	6 633	6 848	-215
Bilanzüberschuss (+)/-fehlbetrag (-)		-7 263	-3 560	-3 703
<b>Total Eigenkapital</b>		<b>124 148</b>	<b>36 474</b>	<b>87 674</b>
<b>Total Passiven</b>		<b>281 087</b>	<b>272 309</b>	<b>8 778</b>

Die Leistungsverpflichtungen der Empa für Forschungsprojekte werden als zweckgebundene Drittmittel im langfristigen Fremdkapital aufgeführt. Diese Verpflichtungen haben sich um 2.9 Mio. erhöht und belaufen sich auf 64.2 Mio. (VJ: 61.3 Mio.). Die Durchführung der Forschungsvorhaben erfolgt üblicherweise in einem Zeitraum von 2-5 Jahren.

Die Abnahme der Nettovorsorgeverpflichtungen um 84 Mio. geht auf die Einführung des erweiterten Risk Sharings, auf den Wechsel der Basis des Diskontierungszinssatzes und auf die Änderungen bei den demografischen Annahmen zurück.

Die Einflüsse aus geänderten versicherungstechnischen Annahmen für die Berechnung der Vorsorgeleistungen werden gemäss IPSAS 39 nicht über die Erfolgsrechnung, sondern direkt

im Eigenkapital verbucht. Die Bewertungsreserven nach IPSAS 39 haben sich deshalb um 89.1 Mio. auf -8.5 Mio. verbessert.

# Eigenkapitalnachweis

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

Das Eigenkapital hat sich um 87.7 Mio. auf 124.1 Mio. erhöht. Massgebend für die Erhöhung war die Neubewertung der Bewertungsreserve für die Nettovorsorgeverpflichtung um 89.2 Mio. Das Jahresergebnis für 2020 beträgt -1.4 Mio. (VJ: Jahresgewinn von 4.4 Mio.).

Der im Eigenkapital erfasste Neubewertungsgewinn der Nettovorsorgeverpflichtung beträgt 2020 89.2 Mio. (2019: Neubewertungsverlust von 6 Mio.). Die versicherungsmathematischen Gewinne basieren auf geänderten Annahmen für die Berechnung der Nettovorsorgeverpflichtung gemäss IPSAS 39. Dabei war ein wesentlicher Einfluss der höhere Diskontierungszinssatz sowie die Einführung des Risk Sharings (s. Anhang 25).

Die zweckgebundenen Reserven beinhalten Mittel für den Aufbau eines nationalen Verbundes von regionalen Technologietransferzentren für Fertigungstechnologien sowie für interne finanzielle Zusagen für die Unterstützung von Forschungsprojekten wie Advanced Manufacturing (SFA, Standortförderungen Thun), das Projekt NEST oder die Finanzierungszusagen für das Labor in Sion sowie für weitere Forschungsprojekte.

Die freien Reserven werden geöffnet, um wichtige, geplante grössere Projekte (wie die Umsetzung des Projekts Masterplan Campus Empa Eawag, die Sanierung des bestehenden Laborgebäudes und Erweiterung RTTPs) zu finanzieren. Ebenfalls in den freien Reserven enthalten sind die Restsaldi aus abgeschlossenen Projekten, die die Abteilungsleitenden und die Direktion zur

Unterstützung der Lehre und Forschung und zur Abdeckung von Verlusten (z. B. kurzfristige Ertragsausfälle, Währungsverluste) verwenden können. Eine zeitlich bezogene oder zielorientierte Zweckgebundenheit besteht jedoch nicht.

Die freien Reserven der Abteilungen ermöglichen den Forschenden, auch Projekte zu initiieren, für welche aufgrund des frühen Stadiums noch keine externe Projektfinanzierung möglich ist (curiosity driven research). Dies ist ein wesentliches Element der Forschungsfreiheit und ein massgebliches Instrument für Innovationen.

Der Bilanzfehlbetrag von 7.3 Mio. per 31. Dezember 2020 stellt die Residualgrösse des gesamten Eigenkapitals abzüglich der separat ausgewiesenen Reservepositionen dar. Er zeigt den Stand der kumulierten Ergebnisse am Bilanzstichtag und beinhaltet die Anpassung infolge der Anwendung von IPSAS 39, des Ergebnisvortrags, des Jahresergebnisses sowie der Zu- oder Abnahme der Reserven.

Die Empa hat im Berichts- und im Vorjahr keine Absicherungsgeschäfte getätigt, weshalb kein Hedge Accounting angewendet wird.

Schenkungen und Legate	Reserve Lehre und Forschung	Zweckgebundene Reserven	Freie Reserven	Kofinanzierungen	Bilanzüberschuss (+)/-fehlbetrag (-)	Total Eigenkapital
<b>820</b>	<b>32 564</b>	<b>33 383</b>	<b>97 347</b>	<b>6 848</b>	<b>-3 560</b>	<b>36 474</b>
					-1 381	-1 381
						-165
						89 220
						89 055
296	6 652	6 948	-4 412	-215	-2 322	-
<b>296</b>	<b>6 652</b>	<b>6 948</b>	<b>-4 412</b>	<b>-215</b>	<b>-3 703</b>	<b>87 674</b>
<b>1 116</b>	<b>39 216</b>	<b>40 332</b>	<b>92 936</b>	<b>6 633</b>	<b>-7 263</b>	<b>124 148</b>

TCHF	Bewertungsreserven
<b>2019</b>	
<b>Stand per 01.01.2019</b>	<b>-91 537</b>
Jahresergebnis	
Direkt im Eigenkapital erfasste Positionen:	
Neubewertung Finanzanlagen	-
Neubewertung Nettovorsorgeverpflichtungen	-6 007
Total direkt im Eigenkapital erfasste Positionen	-6 007
Zunahme (+)/Abnahme (-) der Reserven	-
<b>Total Veränderungen</b>	<b>-6 007</b>
<b>Stand per 31.12.2019</b>	<b>-97 544</b>

Schenkungen und Legate	Reserve Lehre und Forschung	Zweckgebundene Reserven	Freie Reserven	Kofinanzierungen	Bilanzüberschuss (+)/-fehlbetrag (-)	Total Eigenkapital
<b>990</b>	<b>35 181</b>	<b>36 171</b>	<b>85 749</b>	<b>7 062</b>	<b>608</b>	<b>38 053</b>
					4 428	4 428
						-
						-6 007
						-6 007
-170	-2 617	-2 787	11 599	-215	-8 597	-
<b>-170</b>	<b>-2 617</b>	<b>-2 787</b>	<b>11 599</b>	<b>-215</b>	<b>-4 168</b>	<b>-1 579</b>
<b>820</b>	<b>32 564</b>	<b>33 383</b>	<b>97 347</b>	<b>6 848</b>	<b>-3 560</b>	<b>36 474</b>

# Geldflussrechnung

TCHF	Anhang	2020	2019	Veränderung absolut
<b>Geldfluss aus operativer Tätigkeit</b>				
<b>Jahresergebnis</b>		<b>-1 381</b>	<b>4 428</b>	<b>-5 809</b>
Abschreibungen	18, 20	11 885	11 522	363
Veränderung des Nettoumlaufvermögens		48	1 084	-1 036
Veränderung der Nettovorsorgeverpflichtung	25	5 235	3 776	1 459
Veränderung der Rückstellungen	24	240	-752	992
Veränderung der langfristigen Forderungen	15	-407	7 491	-7 898
Veränderung der zweckgebundenen Drittmittel	26	2 906	-6 774	9 680
Umgliederungen und sonstiger nicht liquiditätswirksamer Erfolg		206	-	206
<b>Geldfluss aus operativer Tätigkeit</b>		<b>18 732</b>	<b>20 775</b>	<b>-2 044</b>
<b>Geldfluss aus Investitionstätigkeit</b>				
<b>Investitionen</b>				
Zugänge von Sachanlagen	18	-13 470	-9 731	-3 739
Zugänge von immateriellen Anlagen	18	-33	-346	312
Zugänge Darlehen	19	-74	-457	382
Zugänge kurz- und langfristige Finanzanlagen	19	-37	-48	11
<b>Total Investitionen</b>		<b>-13 614</b>	<b>-10 581</b>	<b>-3 033</b>

TCHF	Anhang	2020	2019	Veränderung absolut
<b>Desinvestitionen</b>				
Abgänge von Sachanlagen	18	-	174	-174
Abgänge von immateriellen Anlagen	18	-	-	-
Abgänge Kofinanzierung	20	-	-	-
Abgänge Darlehen	19	-	58	-58
Abgänge kurz- und langfristige Finanzanlagen	19	-	-	-
<b>Total Desinvestitionen</b>		<b>-</b>	<b>232</b>	<b>-232</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>5 117</b>	<b>10 426</b>	<b>-5 309</b>
<b>Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen Anfang Periode</b>	<b>14</b>	<b>106 455</b>	<b>96 028</b>	<b>10 426</b>
<b>Total Geldfluss</b>		<b>5 117</b>	<b>10 426</b>	
<b>Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen Ende Periode</b>	<b>14</b>	<b>111 572</b>	<b>106 455</b>	<b>5 117</b>
Davon Währungsdifferenzen auf flüssigen Mitteln und kurzfristigen Geldanlagen		-	-	-
<b>Im Geldfluss aus operativer Tätigkeit enthalten:</b>				
Erhaltene Dividenden		-	-	-
Erhaltene Zinsen		27	15	11
Bezahlte Zinsen		-	-1	1

# 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 2020 bis 31. Dezember 2020. Bilanzstichtag ist der 31. Dezember 2020. 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 vom 04.10.1991 über die Eidgenössischen Technischen Hochschulen (ETH-Gesetz; SR 414.110)
- Verordnung vom 19.11.2003 über den Bereich der Eidgenössischen Technischen Hochschulen (Verordnung ETH-Bereich; SR 414.110.3)
- Verordnung vom 05.12.2014 über das Finanz- und Rechnungswesen des ETH-Bereichs (SR 414.123)
- Rechnungslegungshandbuch für den ETH-Bereich (Version 6.5)

### 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	01.01.2021/01.01.2023
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 konsolidierte Jahresrechnung erwartet. Es gibt keine weiteren Änderungen oder Interpretationen, die noch nicht verpflichtend anzuwenden sind und die eine wesentliche Auswirkung auf die Empa hätten.

### Erstmalige Berücksichtigung der Risikoaufteilung (Risk Sharing) für die Bewertung der Nettovorsorgeverpflichtungen und Wechsel auf Unternehmensanleihen für die Basis des Diskontierungszinssatzes

In der Jahresrechnung der Empa erfolgt die Bewertung der Nettovorsorgeverpflichtungen erstmals unter Berücksichtigung der Risikoaufteilung zwischen Arbeitgeber und -nehmer. Damit wird

dem Umstand Rechnung getragen, dass im Schweizer Vorsorge recht bei der Finanzierung der Vorsorgepläne sowie im Sanierungsfall sowohl die Arbeitnehmer wie auch der Arbeitgeber ihren Beitrag leisten. Diese Risikoaufteilung zwischen Arbeitgeber und Arbeitnehmer wurde bis anhin in der Bewertung der Vorsorgeverpflichtung ungenügend berücksichtigt. Neu wird anstelle der gesamten Nettovorsorgeverpflichtungen aus dem Vorsorgewerk nur noch derjenige Anteil in der Bilanz abgebildet, welcher massgeblich durch den Arbeitgeber zu tragen ist. Die bilanzierte Verpflichtung entspricht hierdurch eher den tatsächlichen Verhältnissen.

Die Anpassung beschränkt sich auf die bilanzierten Nettovorsorgeverpflichtungen in der Jahresrechnung der Empa. Am Vorsorgeplan, respektive dem Reglement des Vorsorgewerks ETH-Bereich sowie an der Jahresrechnung der PUBLICA ändert sich durch die Umstellung nichts.

Die Bewertungsanpassung erfolgte per 31.12.2020. Daraus resultierte ein einmaliger Umstellungseffekt von 24.5 Mio. CHF (Reduktion der Verpflichtung), welcher in Übereinstimmung mit IPSAS 3 als eine Schätzungsänderung direkt im Eigenkapital erfasst wurde.

Zudem wurde der Diskontierungszinssatz per 31.12.2020 erstmals auf Basis von erstrangigen, festverzinslichen Unternehmensanleihen festgelegt. Bis anhin wurde auf die Rendite von Bundesanleihen abgestützt. Mit der Anpassung ist die Berechnungsbasis nun deckungsgleich zu jener im bundesnahen Umfeld, was die Vergleichbarkeit erhöht. Diese Änderung wird ebenfalls als Schätzungsänderung direkt im Eigenkapital erfasst.

Detaillierte Erläuterungen finden sich unter Ziffer 25 Nettovorsorgeverpflichtungen.

## 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 Rech-

nungslegungsgrundsätzen 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	
		31.12.2020	31.12.2019	2020	2019
EUR	1	1.0817	1.0866	1.0705	1.1125
USD	1	0.8840	0.9676	0.9381	0.9937
GBP	1	1.2097	1.2828	1.2039	1.2683
JPY	1000	8.5680	8.9080	8.7890	9.1190
SGD	1	0.6698	0.7190	0.6802	0.7284

### 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 Gegenleistung (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, abge-

rechnet und ausgewiesen. Im Falle einer Transaktion ohne zu-rechenbare 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, Kostenbeiträge 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 projektbezo-

gene 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 sowie 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 Gesamtlaufzeit 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 Projektschuldensumme 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 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.

#### 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
Mobilien	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 abgeschrieben 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 abgeschrieben.

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

## Sachanlagen

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

Aktivierete 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 Wertberichtigungsberechnung anhand IPSAS 26 (Wertminderung zahlungsmittelgenerierender 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 verfügbar» 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 Mio. sowie kurzfristige Darlehen und Festgelder über 10 Mio.) oder zu fortgeführten Anschaffungskosten unter Verwendung der Effektivzinsmethode (langfristige Darlehen und Festgelder über 10 Mio.). Die Effektivzinsmethode verteilt die Differenz zwischen Anschaffungs- und Rückzahlungswert (Agio/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, sowie 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 im 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 2020 und anhand der versicherungsmathematischen Annahmen per 31. Dezember 2020 (z. B. BVG 2015) sowie der Vorsorgepläne des Vorsorgewerks ETH-Bereich ermittelt. Die Resultate wurden unter Anwendung von pro rata geschätzten Cashflows per 31. Dezember 2020 fortgeschrieben. Die Marktwerte des Vorsorgevermögens wurden unter Einbezug der geschätzten Performance per 31. Dezember 2020 eingesetzt.

In der Erfolgsrechnung werden der laufende Dienstzeitaufwand, der nachzuverrechnende 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 demographischen 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 Umverteilung 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 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 nach 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 all ihrer 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.

Zweckgebundene Reserven:

- *Schenkungen und Legate*: Unter dieser Position werden noch nicht verwendete Mittel aus Schenkungen und Lega-

ten ausgewiesen, die mit gewissen Auflagen verbunden sind, aber nicht als Fremdkapital zu qualifizieren sind.

- *Reserve Lehre und Forschung (Wahl- / Berufungsversprechen, Lehr- und Forschungsprojekte)*: Diese Position zeigt auf, dass verschiedene interne und externe Zusprachen bestehen und entsprechende Reserven zu deren Deckung zwingend gebildet werden.
- *Reserve Infrastruktur und Verwaltung (Wertschwankungen, Bauprojekte)*: Darunter fallen Reserven für Wertschwankungen des Wertschriftenportfolios (Risikokapital) und für verzögerte Bauprojekte.

Zweckgebundene Reserven müssen – mit Ausnahme von Wahl- / Berufungsversprechen – erwirtschaftet worden sein. Bildung und Auflösung erfolgen innerhalb des Eigenkapitals.

#### Freie Reserven

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

#### Bilanzüberschuss/-fehlbetrag

Die Position Bilanzüberschuss oder -fehlbetrag zeigt den Stand der kumulierten Ergebnisse am Bilanzstichtag. Er besteht aus Ergebnisvortrag, Jahresergebnis und den Zunahmen bzw. Abnahmen der Reserven.

Der Ergebnisvortrag wird jährlich im Rahmen der Ergebnisverwendung geäufnet. 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 vergan-

genen 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

Rückstellungen beinhalten einen hohen Grad an Schätzungen. Infolgedessen könnten 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 demographische 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	2020	2019	Veränderung absolut
<b>Finanzierungsbeitrag des Bundes</b>	<b>109 200</b>	<b>110 627</b>	<b>-1 426</b>

Die verfügbaren Mittel des bewilligten Zahlungsrahmens der Empa für die Jahre 2017–2020 wurden 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 2017–2020 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, und Unterhalt für die von der Empa genutzten Immobilien im Eigentum des Bundes. Die Abwicklung des Investitionskredits Bauten ETH-Bereich erfolgt über das Departement EFD (VE 620 BBL).

Die Abnahme gegenüber 2019 ist zum Teil auf den um 0.6 Mio. höheren Investitionskredit Bauten, der über das BBL abgewickelt wird, zurückzuführen.

### Unterbringungsbeitrag des Bundes

TCHF	2020	2019	Veränderung absolut
<b>Beitrag an Unterbringung</b>	<b>13 459</b>	<b>13 406</b>	<b>53</b>

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 1,5 % (2019: 1,5 %).

## 6 Weiterbildung

TCHF	2020	2019	Veränderung absolut
<b>Studiengebühren, Weiterbildung</b>	<b>27</b>	<b>215</b>	<b>-188</b>

## 7 Forschungsbeiträge, -aufträge und wissenschaftliche Dienstleistungen

TCHF	2020	davon Erträge (IPSAS 23)	davon Erträge (IPSAS 9)	2019	davon Erträge (IPSAS 23)	davon Erträge (IPSAS 9)	Veränderung absolut
Schweizerischer Nationalfonds (SNF)	8 750	8 750	–	8 179	8 179	–	571
Schweizerische Agentur für Innovationsförderung (Innosuisse)	9 757	9 757	–	9 221	9 221	–	536
Forschung Bund (Ressortforschung)	7 198	3 911	3 287	7 083	4 753	2 330	114
EU-Forschungsrahmenprogramme (EU-FRP)	5 972	5 972	–	6 905	6 905	–	-933
Wirtschaftsorientierte Forschung (Privatwirtschaft)	12 813	741	12 072	14 847	1 110	13 737	-2 034
Übrige projektorientierte Drittmittel (inkl. Kantone, Gemeinden, internationale Organisationen)	4 271	3 895	376	2 949	2 484	464	1 322
<b>Total Forschungsbeiträge, -aufträge und wissenschaftliche Dienstleistungen</b>	<b>48 761</b>	<b>33 027</b>	<b>15 734</b>	<b>49 184</b>	<b>32 653</b>	<b>16 531</b>	<b>-423</b>
<b>EU-Forschungsrahmenprogramme (EU-FRP)</b>							
davon vom SBFI finanziert	453	453	–	1 811	1 811	–	-1 358

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 48.8 Mio. nur geringfügig tiefer als im Vorjahr (-0.4 Mio.). Dies vor allem weil Forschungsprojekte der Innosuisse und des SNF vorangetrieben werden konnten. Die erbrachte Leistung für EU-Projekte ist projektbedingt um 0.9 Mio. tiefer als im Vorjahr. Wie in 2019 aufgrund des höheren Zusprachenvolumens für Innosuisseprojekte erwartet, konnte der Umsatzgrad für diese Projekte um 0.5 Mio. gesteigert werden. Dennoch kam es infolge

Covid-19 auch im Zusammenhang mit den Forschungsprojekten zu zeitlichen Verzögerungen, deren finanzielle Auswirkungen sich spätestens bei Projektabschluss in der Erfolgsrechnung niederschlagen werden. Zudem konnten weniger Veranstaltungen vor Ort, in der Empa Akademie durchgeführt werden.

In der wirtschaftsorientierten Forschung sind u. a. die wissenschaftlichen Dienstleistungen mit 8 Mio. (VJ: 9.1 Mio.) und

die Cash-Beiträge der Industrie für Innosuisse-Projekte in der Höhe von 0.5 Mio. (VJ: 0.8 Mio.) enthalten.

Die Zunahme in den übrigen projektorientierten Drittmittel um 1.3 Mio. basiert auf der Unterstützung des Kantons Bern und der Stadt Thun von Forschungsprojekten im Bereich Advanced Manufacturing (SFA, Standortförderungen Thun).

## 8 Schenkungen und Legate

TCHF	2020	2019	Veränderung absolut
<b>Schenkungen und Legate</b>	<b>810</b>	<b>382</b>	<b>427</b>

Die Empa hat 2020 Schenkungen in der Höhe von 0.8 Mio. erhalten.

### In-kind Leistungen

In 2020 hat die Empa keine wesentlichen In-kind Leistungen erhalten.

## 9 Übrige Erträge

TCHF	2020	2019	Veränderung absolut
Lizenzen und Patente	437	630	-193
Verkäufe	70	41	29
Rückerstattungen	316	432	-116
Übrige Dienstleistungen	576	321	255
Liegenschaftsertrag	1 469	1 955	-486
Erträge aus Nutzungsüberlassung Immobilien Bund	117	197	-80
Gewinne aus Veräusserungen (Sachanlagen)	40	98	-58
Übriger verschiedener Ertrag	4 736	4 372	364
<b>Total Übrige Erträge</b>	<b>7 760</b>	<b>8 045</b>	<b>-285</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 vor allem die Erträge aus der Vermietung von Geschäftsräumen (0.5 Mio.), dem Guesthouse (0.8 Mio.) und von Parkplätzen (0.2 Mio.).

Die übrigen Erträge umfassen im Berichtsjahr vor allem die Intercompany-Verrechnungen im ETH-Bereich. Darin sind in 2020 zusätzliche Erlöse für die Zusammenarbeit im Logistikbereich von 0.4 Mio. angefallen.

## 10 Personalaufwand

TCHF	2020	2019	Veränderung absolut
Professorinnen und Professoren	–	–	–
Wissenschaftliches Personal	56 977	55 675	1 302
Technisch-administratives Personal, Lernende, Praktikantinnen und Praktikanten	41 436	41 279	157
EO, Suva und sonstige Rückerstattungen	-411	-436	25
<b>Total Personalbezüge</b>	<b>98 001</b>	<b>96 517</b>	<b>1 484</b>
Sozialversicherung AHV/ALV/IV/EO/MuV	6 228	5 994	234
Nettovorsorgeaufwand	17 709	15 884	1 825
Unfall- und Krankenversicherung Suva (BU/NBU/KTG)	393	346	47
Arbeitgeberbeitrag an die Familienausgleichskasse (FAK/FamZG)	1 198	1 159	38
<b>Total Sozialversicherungen und Vorsorgeaufwand</b>	<b>25 528</b>	<b>23 383</b>	<b>2 144</b>
Übrige Arbeitgeberleistungen	7	17	-10
Temporäres Personal	48	35	13
Veränderung Rückstellungen für Ferien und Überzeit	450	-850	1 300
Veränderung Rückstellungen für anwartschaftliche Dienstaltersgeschenke	-244	184	-428
Übriger Personalaufwand	1 953	1 811	143
<b>Total Personalaufwand</b>	<b>125 743</b>	<b>121 097</b>	<b>4 646</b>

Der Personalaufwand hat um 4% auf 125.7 Mio. zugenommen. Die vom ETH-Rat beschlossenen Lohnmassnahmen betragen für 2020 1,2% sowie eine Teuerungsentschädigung von 1%. Die detaillierte Zusammensetzung des Nettovorsorgeaufwands wird ausführlich im Anhang 25 Nettovorsorgeverpflichtung dargestellt. Die Rückstellungen für Ferien und Überzeit haben um 0.5 Mio. zugenommen.

## 11 Sachaufwand

TCHF	2020	2019	Veränderung absolut
Material- und Warenaufwand	5 742	5 851	- 109
Raufwand	19 557	19 284	273
Übriger Betriebsaufwand	15 444	18 236	-2 792
<b>Total Sachaufwand</b>	<b>40 743</b>	<b>43 371</b>	<b>-2 628</b>

Der Sachaufwand ist mit 40.7 Mio. im Vergleich zum Vorjahr um 6% tiefer. Darin enthalten ist der Betrag von 0.2 Mio. als Abgeltung für die nicht unmittelbar der Aufgabenerfüllung der Empa dienenden Mieterträgen von Dritten für die Nutzung von bundeseigenen Liegenschaften an den Bund. Der Material- und Warenaufwand hat projektbedingt um 0.1 Mio. abgenommen.

Der übrige Betriebsaufwand ist um 2.8 Mio. tiefer als im Vorjahr. Dies ist vor allem auf die infolge von Covid-19 deutlich tieferen Reisekosten (-2 Mio.) zurückzuführen. Obwohl zusätzliche Informatikmittel aufgrund von Covid-19 beschafft werden mussten, sind diese Kosten im Vergleich zum Vorjahr um 0.4 Mio. tiefer, da in 2019 zusätzlich die Kosten für den Providerwechsel der SAP Systeme enthalten waren.

## 12 Transferaufwand

TCHF	2020	2019	Veränderung absolut
Übriger Transferaufwand	2 995	1 393	1 602
<b>Total Transferaufwand</b>	<b>2 995</b>	<b>1 393</b>	<b>1 602</b>

Im Transferaufwand weisen wir nur Beiträge der Empa für Forschungsprojekte aus, die nicht im Rahmen einer Leading House-Funktion der Empa weitergeleitet werden. 2020 haben wir im Rahmen des Aktionspakets Digitalisierung des BFI 1.2 Mio. an die Swiss m4m Center AG sowie 1.7 Mio. AM TTC Alliance weitergeleitet.

## 13 Finanzergebnis

TCHF	2020	2019	Veränderung absolut
<b>Finanzertrag</b>			
Zinsertrag	27	15	11
Beteiligungsertrag	-	-	-
Verkehrswertanpassungen Finanzanlagen	-	-	-
Fremdwährungsgewinne	167	105	62
Übriger Finanzertrag	-	-	-
<b>Total Finanzertrag</b>	<b>194</b>	<b>120</b>	<b>74</b>
<b>Finanzaufwand</b>			
Zinsaufwand	-	1	-1
Übrige Finanzierungskosten für Fremdkapitalbeschaffung	-	-	-
Verkehrswertanpassungen Finanzanlagen	-	-	-
Fremdwährungsverluste	219	160	59
Wertberichtigung Darlehen und Festgelder	-	-	-
Übriger Finanzaufwand	7	7	-
<b>Total Finanzaufwand</b>	<b>226</b>	<b>168</b>	<b>58</b>
<b>Total Finanzergebnis</b>	<b>-32</b>	<b>-48</b>	<b>16</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. Das negative Finanzergebnis ist hauptsächlich auf die negative Entwicklung der Wechselkurse zurück zu führen.

## 14 Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen

TCHF	31.12.2020	31.12.2019	Veränderung absolut
Kasse	73	51	22
Post	17 499	18 403	-904
Bank	-	-	-
Kurzfristige Geldanlagen (< 90 Tage)	94 000	88 000	6 000
<b>Total Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen</b>	<b>111 572</b>	<b>106 455</b>	<b>5 117</b>

Der Bestand an flüssigen Mitteln und kurzfristigen Geldanlagen hat im Vergleich zum Vorjahr um 5.1 Mio. zugenommen. Die kurzfristigen Geldanlagen umfassen die, gemäss der Tresorerievereinbarung zwischen der EFV und dem ETH-Bereich, angelegten Drittmittel und Reserven, die zweckgebunden für die Lehre oder Forschung sowie für die geplanten grösseren Bauvorhaben wie der Masterplan (Neubau eines Laborgebäudes, Sanierung bestehendes Laborgebäude und Erweiterung RTT-Ps) verwendet werden.

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

## 15 Forderungen

TCHF	31.12.2020	31.12.2019	Veränderung absolut
<b>Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen</b>			
Forderungen aus Projektgeschäft und Zuwendungen	55 701	52 255	3 446
Sonstige Forderungen	6	-	6
Wertberichtigungen	-	-	-
<b>Total Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen</b>	<b>55 707</b>	<b>52 255</b>	<b>3 452</b>
davon kurzfristig	36 319	33 274	3 045
davon langfristig	19 389	18 981	407
<b>Forderungen mit zurechenbaren Gegenleistungen</b>			
Forderungen aus Lieferungen und Leistungen	3 177	4 613	-1 437
Sonstige Forderungen	2	2	-
Wertberichtigungen	-57	-38	-20
<b>Total Forderungen mit zurechenbaren Gegenleistungen</b>	<b>3 121</b>	<b>4 578</b>	<b>-1 457</b>
davon kurzfristig	3 121	4 578	-1 457
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 3.5 Mio. ist grösstenteils auf die Zunahme der Zusprachen für EU-Projekte zurückzuführen.

## Fälligkeit der Forderungen

TCHF	Total Forderungen	Nicht überfällig	Überfällig bis 90 Tage	Überfällig 91 bis 180 Tage	Überfällig über 180 Tage
<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>
Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen	55 707	55 443	249	8	8
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				
<b>31.12.2019</b>					
<b>Bruttowert</b>	<b>56 871</b>	<b>55 911</b>	<b>881</b>	<b>27</b>	<b>52</b>
Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen	52 255	51 997	243	-	15
Forderungen mit zurechenbaren Gegenleistungen	4 616	3 914	638	27	37
<b>Wertberichtigungen</b>	<b>-38</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-1</b>	<b>-37</b>
Davon Einzelwertberichtigung	38				

## 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	31.12.2020	31.12.2019	Veränderung absolut
Zinsen	-	-	-
Abgrenzung vorausbezahlter Aufwendungen	704	651	52
Übrige aktive Rechnungsabgrenzungen	944	690	254
<b>Total Aktive Rechnungsabgrenzungen</b>	<b>1 648</b>	<b>1 341</b>	<b>307</b>

## 18 Sachanlagen und immaterielle Anlagen

TCHF	Technische Betriebs- einrichtungen, Maschinen, Geräte, Mobiliar, Fahrzeuge	Informatik und Kommunikation	Anzahlungen, mobile Anlagen im Bau	Total Mobiles Anlagevermögen	Grundstücke, Gebäude	Immobilien Anlagen im Bau	Total Immobiles Anlagevermögen	Total Sachanlagen	Total Immaterielle Anlagen
<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	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Zu den grösseren Investitionen 2020 in der Anlagenkategorie «Technische Betriebseinrichtungen, Maschinen etc.» gehören unter vielen anderen ein Elektronenmikroskop für 1.5 Mio., ein Scanning XPS Microprobe System für 1.2 Mio. sowie für NEST die Unit «HiLo» mit 1.0 Mio.

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

Die wesentliche Zugänge in der Informatik waren vor allem der Ausbau und Erneuerung des Netzwerks sowie UCS-Flexpod RAM für insgesamt 1.0 Mio..

Bei den Mieterausbauten (Spalte Grundstücke, Gebäude) von 2.4 Mio. handelt es sich um Teile des Projekts Energie Areal Empa/Eawag mit 0.5 Mio. sowie weitere nutzerspezifische Mieterausbauten.

## Sachanlagen und immaterielle Anlagen

TCHF	Technische Betriebs- einrichtungen, Maschinen, Geräte, Möbiliar, Fahrzeuge	Informatik und Kommunikation
<b>Anschaffungswerte</b>		
<b>Stand per 01.01.2019</b>	<b>131 143</b>	<b>5 436</b>
Zugänge	6 322	216
Umgliederungen	2 566	28
Abgänge	-2 564	-
<b>Stand per 31.12.2019</b>	<b>137 466</b>	<b>5 680</b>
<b>Kumulierte Wertberichtigungen</b>		
<b>Stand per 01.01.2019</b>	<b>85 066</b>	<b>4 943</b>
Abschreibungen	9 257	456
Wertminderungen	-	-
Zuschreibungen	-	-
Umgliederungen	-	-
Abgänge Wertberichtigungen	-2 390	-
<b>Stand per 31.12.2019</b>	<b>91 933</b>	<b>5 399</b>
<b>Bilanzwert per 31.12.2019</b>	<b>45 532</b>	<b>281</b>
davon Anlagen im Leasing		

Anzahlungen, mobile Anlagen im Bau	Total Mobiles Anlagevermögen	Grundstücke, Gebäude	Immobilien Anlagen im Bau	Total Immobiles Anlagevermögen	Total Sachanlagen	Total Immaterielle Anlagen
<b>3 488</b>	<b>140 067</b>	<b>14 447</b>	<b>226</b>	<b>14 673</b>	<b>154 740</b>	<b>510</b>
1 772	8 310	1 167	254	1 421	9 731	346
-2 594	-	77	-77	-	-	-
-	-2 564	-	-	-	-2 564	-
<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>
-	<b>90 009</b>	<b>3 773</b>	-	<b>3 773</b>	<b>93 781</b>	<b>382</b>
-	9 713	1 460	-	1 460	11 173	135
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-2 390	-	-	-	-2 390	-
-	<b>97 332</b>	<b>5 232</b>	-	<b>5 232</b>	<b>102 564</b>	<b>517</b>
<b>2 667</b>	<b>48 480</b>	<b>10 459</b>	<b>403</b>	<b>10 862</b>	<b>59 343</b>	<b>339</b>
	-			-	-	-

## 19 Finanzanlagen und Darlehen

TCHF	31.12.2020	31.12.2019	Veränderung absolut
<b>Kurzfristige Finanzanlagen und Darlehen</b>			
Übrige Finanzanlagen	39 929	39 929	–
Darlehen	681	704	–23
<b>Total Kurzfristige Finanzanlagen und Darlehen</b>	<b>40 610</b>	<b>40 633</b>	<b>–23</b>
<b>Langfristige Finanzanlagen und Darlehen</b>			
Übrige Finanzanlagen	238	366	–128
Darlehen	250	153	97
<b>Total Langfristige Finanzanlagen und Darlehen</b>	<b>488</b>	<b>519</b>	<b>–31</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	2020	2019	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>627</b>	<b>412</b>	<b>215</b>
Abschreibungen	215	215	–
Abgänge	–	–	–
<b>Stand per 31.12.</b>	<b>841</b>	<b>627</b>	<b>214</b>
<b>Bilanzwert per 31.12.</b>	<b>6 633</b>	<b>6 848</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	31.12.2020	31.12.2019	Veränderung absolut
Verbindlichkeiten aus Lieferungen und Leistungen	1 899	972	926
Verbindlichkeiten gegenüber Sozialversicherungen	2 648	2 478	170
Übrige laufende Verbindlichkeiten	3 129	2 004	1 125
<b>Total Laufende Verbindlichkeiten</b>	<b>7 677</b>	<b>5 455</b>	<b>2 222</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	31.12.2020	31.12.2019	Veränderung absolut
Zinsen	–	–	–
Abgrenzung vorrauserhaltener Erträge	3 989	3 992	–4
Übrige passive Rechnungsabgrenzungen	1 412	1 687	–275
<b>Total Passive Rechnungsabgrenzungen</b>	<b>5 400</b>	<b>5 679</b>	<b>–279</b>

Die Abgrenzungen für vorrauserhaltene Erträge in der Höhe von 4 Mio. (VJ: 4 Mio.) enthalten hauptsächlich die Ertragsabgrenzungen für Verträge gemäss IPSAS 9 (z. B. Auftragsforschung, wissenschaftliche Dienstleistungen).

## 24 Rückstellungen

### Überblick

TCHF	31.12.2020	31.12.2019	Veränderung absolut
Rückstellungen für Ferien und Überzeit	5 750	5 300	450
Andere fällige Leistungen nach IPSAS 39	4 515	4 759	–244
Rechtsfälle	271	242	29
Andere Rückstellungen	15	10	5
<b>Total Rückstellungen</b>	<b>10 551</b>	<b>10 311</b>	<b>240</b>

Die Rückstellungen für noch nicht bezogene Ferien und Überzeitenschädigungen der Mitarbeitenden in der Höhe von 5.8 Mio. haben um 0.5 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 4.5 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 01.01.2020</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

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 01.01.2019</b>	<b>6 150</b>	<b>4 575</b>	–	–	<b>320</b>	<b>18</b>	<b>11 063</b>
Bildung	–	924	–	–	242	10	1 176
Auflösung	–	–	–	–	–304	–	–304
Verwendung	–850	–740	–	–	–16	–18	–1 624
Umgliederungen	–	–	–	–	–	–	–
Anstieg des Barwerts	–	–	–	–	–	–	–
<b>Stand per 31.12.2019</b>	<b>5 300</b>	<b>4 759</b>	–	–	<b>242</b>	<b>10</b>	<b>10 311</b>
davon kurzfristig	5 300	–	–	–	242	10	5 552
davon langfristig	–	4 759	–	–	–	–	4 759

## 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 2019 107,9% (VJ: 105,6%, definitiv). Der provisorische ökonomische Deckungsgrad des Vorsorgewerks ETH-Bereich bei PUBLICA betrug per Ende Jahr 88,9% (VJ: 87,37%, definitiv).

## Besondere Ereignisse

In der laufenden Berichtsperiode gab es keine zu berücksichtigenden Planänderungen, Plankürzungen oder Planabgeltungen beim Vorsorgewerk ETH-Bereich bei der PUBLICA.

## Schätzungsänderung per 31.12.2020: Einführung von Risk Sharing sowie Änderung bei der Festlegung des Diskontierungszinssatzes

Gemäss der Risikoaufteilung zwischen Arbeitgeber und Arbeitnehmer (Risk Sharing) wird neu 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. Für die versicherungsmathematische Berechnung per 31.12.2019 wurde noch kein Risk Sharing berücksichtigt. Das Schätzverfahren zur Festlegung der finanziellen Annahmen unter Berücksichtigung von Risk Sharing wurde erstmals per 31.12.2020 angewandt.

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 abgestützt. Diese Änderung wird ebenfalls als Schätzungsänderung direkt im Eigenkapital erfasst.

## Nettovorsorgeverpflichtungen

TCHF	31.12.2020	31.12.2019	Veränderung absolut
Barwert der Vorsorgeverpflichtungen	-568 573	-632 660	64 087
Vorsorgevermögen zu Marktwerten	499 447	479 549	19 898
<b>Bilanzierte Nettovorsorgeverpflichtungen</b>	<b>-69 126</b>	<b>-153 111</b>	<b>83 985</b>

Die Abnahme der Nettovorsorgeverpflichtungen um 84 Mio. resultiert aus einer Reduktion des Barwerts der Vorsorgeverpflichtungen und einer Erhöhung des Vorsorgevermögens zu Marktwerten. Der einmalige Umstellungseffekt des Risk Sharings wurde per 31.12.2020 ergebnisneutral erfasst und reduziert die Verpflichtung um 24.5 Millionen. Zudem führte die Erhöhung des Diskontierungszinssatzes (31.12.2020: 0,2% /

31.12.2019: - 0,2%) sowie die Anpassung der demografischen Annahmen zu einer Reduktion der Nettovorsorgeverpflichtungen um 38.5 Mio. resp. 15.4 Mio. Das Vorsorgevermögen hat sich aufgrund der positiven Anlagerendite um 19.9 Mio. erhöht.

## Nettovorsorgeaufwand

TCHF	2020	2019	Veränderung absolut
Laufender Dienstzeitaufwand des Arbeitgebers	17 785	15 387	2 398
Nachzuverrechnender Dienstzeitaufwand	–	–	–
Gewinne (–) / Verluste (+) aus Planabgeltungen	–	–	–
Zinsaufwand aus Vorsorgeverpflichtungen	–1 269	1 742	–3 011
Zinsertrag aus Vorsorgevermögen	957	–1 307	2 264
Verwaltungskosten (exkl. Vermögensverwaltungskosten)	236	251	–15
Andere	–	–	–
<b>Total Nettovorsorgeaufwand inkl. Zinsaufwand, erfasst in der Erfolgsrechnung</b>	<b>17 709</b>	<b>16 073</b>	<b>1 636</b>

Der Nettovorsorgeaufwand der Empa für das Berichtsjahr beträgt 17.7 Mio. (2019: 16.1 Mio.). Davon bezieht sich keiner auf Vorsorgepläne ausserhalb des Vorsorgewerks ETH-Bereich bei PUBLICA.

Der Nettovorsorgeaufwand ist um 1.6 Mio. höher als im Vorjahr. Für die Zunahme des laufenden Dienstzeitaufwands (+ 2.4 Mio.) wie auch die Veränderung des Zinsaufwands aus Vorsorgeverpflichtungen und des Zinsertrags aus Vorsorgevermögen sind primär die im Vorjahr angepassten versicherungstechnischen Annahmen ausschlaggebend (Diskontierungszinssatz per 01.01.2020: –0,2 % vs. 01.01.2019: 0,3 %). Als Folge des negativen Diskontierungszinssatzes resultiert aus der Aufzinsung der Vorsorgeverpflichtungen im Geschäftsjahr 2020 ein Zinsertrag. Da der Vorsorgeaufwand gemäss IPSAS 39 jeweils auf den Annahmen des Vorjahres basiert, wird sich die Anwendung des Risk Sharings erst im nächsten Jahr auf die Höhe des Nettovorsorgeaufwands auswirken. Im Berichtsjahr wurden keine Einlagen (2019: 3.5 Mio.) vom ETH-Rat an das Vorsorgewerk ETH-Bereich übertragen. Für das kommende Geschäftsjahr werden Arbeitgeberbeiträge im Umfang von 12.1 Mio. sowie Arbeitnehmerbeiträge in Höhe von 6.8 Mio. erwartet.

## Im Eigenkapital erfasste Neubewertung

TCHF	31.12.2020	31.12.2019	Veränderung absolut
Versicherungsmathematische Gewinne (–) und Verluste (+)	–66 007	49 197	–115 204
aus Änderung der finanziellen Annahmen	–60 174	41 813	–101 987
aus Änderung der demografischen Annahmen	–15 398	–	–15 398
aus Erfahrungsänderung	9 565	7 384	2 181
Ertrag aus Vorsorgevermögen exkl. Zinsertrag (Gewinne (–) / Verluste (+))	–23 213	–43 190	19 977
Andere	–	–	–
<b>Im Eigenkapital erfasste Neubewertung</b>	<b>–89 220</b>	<b>6 007</b>	<b>–95 227</b>
<b>Kumulierter Betrag der im Eigenkapital erfassten Neubewertung (Gewinn (–) / Verlust (+))</b>	<b>7 980</b>	<b>97 200</b>	<b>–89 220</b>

Der im Eigenkapital erfasste Neubewertungsgewinn beträgt 89.2 Mio. für 2020 (2019: Neubewertungsverlust von 6 Mio.). Dies ergibt einen aufgelaufenen Verlust per 31. Dezember 2020 von 8 Mio. CHF (2019: 97.2 Mio. CHF).

Die versicherungsmathematischen Gewinne aus Änderung der finanziellen Annahmen resultieren aus der Erhöhung des Diskontierungszinssatzes (38.5 Mio.) sowie der Einführung des Risk Sharings (24.5 Mio.). Sie wurden durch die höhere Verzinsung des Altersguthabens und Reduktion der erwarteten Lohnentwicklung leicht abgeschwächt (versicherungsmath. Verlust von 2.8 Mio.).

Die Anpassung der demografischen Annahmen (insbesondere Austritts- und Invalidisierungswahrscheinlichkeiten) führten zu versicherungsmathematischen Gewinnen im Betrag von 15.4 Mio. (Vorjahr: keine).

Der im Eigenkapital erfasste Ertrag aus Vorsorgevermögen ist auf die höhere erwirtschaftete Anlagerendite von über 4,2 % im Vergleich zur erwarteten Rendite (entspricht Diskontierungszinssatz von –0,2 %) zurückzuführen.

### Entwicklung des Barwerts der Vorsorgeverpflichtungen

TCHF	2020	2019
<b>Barwert der Vorsorgeverpflichtungen Stand per 01.01.</b>	<b>632 660</b>	<b>579 677</b>
Laufender Dienstzeitaufwand des Arbeitgebers	17 785	15 387
Zinsaufwand aus Vorsorgeverpflichtungen	-1 269	1 742
Arbeitnehmerbeiträge	7 004	6 831
Ein- (+) und ausbezahlte (-) Leistungen	-21 600	-20 174
Nachzuverrechnender Dienstzeitaufwand	-	-
Versicherungsmathematische Gewinne (-) /Verluste (+)	-66 007	49 197
<b>Barwert der Vorsorgeverpflichtungen Stand per 31.12.</b>	<b>568 573</b>	<b>632 660</b>

Die gewichtete durchschnittliche Laufzeit aus den leistungsorientierten Vorsorgeverpflichtungen beläuft sich per 31. Dezember 2020 auf 14,3 Jahre (2019: 15,3 Jahre).

### Entwicklung des Vorsorgevermögens

TCHF	2020	2019
<b>Vorsorgevermögen zu Marktwerten Stand per 01.01.</b>	<b>479 549</b>	<b>436 349</b>
Zinsertrag aus Vorsorgevermögen	-957	1 307
Arbeitgeberbeiträge	12 474	12 297
Arbeitnehmerbeiträge	7 004	6 831
Ein- (+) und ausbezahlte (-) Leistungen	-21 600	-20 174
Verwaltungskosten (exkl. Vermögensverwaltungskosten)	-236	-251
Ertrag aus Vorsorgevermögen exkl. Zinsertrag (Gewinne (+) /Verluste (-))	23 213	43 190
Andere	-	-
<b>Vorsorgevermögen zu Marktwerten Stand per 31.12.</b>	<b>499 447</b>	<b>479 549</b>

Das Vorsorgevermögen nahm gegenüber dem Vorjahr um 19.9 Mio. zu. Diese Entwicklung ist primär auf den Ertrag aus dem Vorsorgevermögen zurückzuführen. Die erwartete Negativrendite von -1 Mio. (Zinsverlust aus Vorsorgevermögen) wurde auf Basis des Diskontierungszinssatzes von -0,2% gerechnet. Die effektiv erwirtschaftete, positive Rendite (prov. Performance PUBLICA) beträgt jedoch 4,2%. Die Vermögensgewinne

im Betrag von 23.2 Mio. wurden über das Eigenkapital verbucht, damit ein tatsächlicher Ertrag aus Planvermögen von 22.2 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	2020	2019
<b>Nettovorsorgeverpflichtungen Stand per 01.01.</b>	<b>-153 111</b>	<b>-143 328</b>
Nettovorsorgeaufwand inkl. Zinsaufwand, erfasst in der Erfolgsrechnung	-17 709	-16 073
Im Eigenkapital erfasste Neubewertung	89 220	-6 007
Arbeitgeberbeiträge	12 474	12 297
Verpflichtungen bezahlt direkt von der Einheit	-	-
Andere	-	-
<b>Nettovorsorgeverpflichtungen Stand per 31.12.</b>	<b>-69 126</b>	<b>-153 111</b>

## Hauptkategorien des Vorsorgevermögens (in Prozent)

Prozent	Kotiert	Nicht kotiert	31.12.2020	Kotiert	Nicht kotiert	31.12.2019
Flüssige Mittel	3	-	3	4	-	4
Obligationen (in CHF) Eidgenossenschaft	6	-	6	5	-	5
Obligationen (in CHF) ex Eidgenossenschaft	10	-	10	10	-	10
Staatsanleihen (in Fremdwährungen)	25	-	25	26	-	26
Unternehmensanleihen (in Fremdwährungen)	10	-	10	11	-	11
Hypotheken	1	-	1	-	-	-
Aktien	26	-	26	29	-	29
Immobilien	4	6	10	2	6	8
Rohstoffe	2	-	2	2	-	2
Andere	-	7	7	-	5	5
<b>Total Vorsorgevermögen</b>	<b>87</b>	<b>13</b>	<b>100</b>	<b>89</b>	<b>11</b>	<b>100</b>

\* Die Tabelle wurde inkl. Vorjahresausweis angepasst. Die kotierten und nicht kotierten Anteile in Prozent vom gesamten Vorsorgevermögen sind neu pro Kategorie ersichtlich.

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	2020	2019
Diskontierungszinssatz per 01.01.	-0.20	0.30
Diskontierungszinssatz per 31.12.	0.20	-0.20
Erwartete Lohnentwicklung	0.40	0.50
Erwartete Rentenentwicklung	0.00	0.00
Verzinsung der Altersguthaben	0.30	0.00
Arbeitnehmeranteil an der Finanzierungslücke	36.00	n/a
Lebenserwartung im Alter 65 – Frauen (Anzahl Jahre)	24.76	24.65
Lebenserwartung im Alter 65 – Männer (Anzahl Jahre)	22.72	22.61

Der Diskontierungszinssatz basiert neu auf der Rendite von erstrangigen, festverzinslichen Unternehmensanleihen (Vorjahr: auf den monatlich von der Schweizerischen Nationalbank publizierten Kassazinssätzen von Bundesobligationen) 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 2015 angewendet.

### Sensitivitätsanalyse (Veränderung auf Barwert der Vorsorgeverpflichtung)

TCHF	31.12.2020		31.12.2019	
	Erhöhung Annahme	Verminderung Annahme	Erhöhung Annahme	Verminderung Annahme
Diskontierungszinssatz (Veränderung +/- 0,25%)	-14 854	15 787	-23 403	25 025
Erwartete Lohnentwicklung (Veränderung +/- 0,25%)	1 368	-1 322	2 339	-2 273
Erwartete Rentenentwicklung (Veränderung +/- 0,25%)	12 651	n/a	19 835	n/a
Verzinsung der Altersguthaben (Veränderung +/- 0,25%)	2 462	-2 414	3 578	n/a
Arbeitnehmeranteil an der Finanzierungslücke (Veränderung +/- 10%)	-7 296	7 296	n/a	n/a
<b>Lebenserwartung (Veränderung +/- 1 Jahr)</b>	<b>15 808</b>	<b>-16 037</b>	<b>24 030</b>	<b>-24 294</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 Annahmen zur Rentenentwicklung wurde für das Berichtsjahr erhöht und nicht gesenkt, da eine Kürzung der Rentenleistung nicht möglich ist (Vorjahr auch Annahme zur Verzinsung der Altersguthaben). 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	31.12.2020	31.12.2019	Veränderung absolut
Forschungsbeiträge Schweizerischer Nationalfonds (SNF)	18 678	17 815	863
Forschungsbeiträge Schweizerische Agentur für Innovationsförderung (Innosuisse)	13 099	13 903	-804
Forschungsbeiträge Europäische Union (EU)	18 107	13 246	4 861
Forschungsbeiträge Bund (Ressortforschung)	5 146	6 654	-1 508
Forschungsbeiträge wirtschaftsorientierte Forschung (Privatwirtschaft)	4 032	3 717	315
Forschungsbeiträge übrige projektorientierte Drittmittel	5 123	5 944	-821
<b>Total Zweckgebundene Drittmittel</b>	<b>64 185</b>	<b>61 279</b>	<b>2 906</b>

Die Leistungsverpflichtungen der Empa für Forschungsprojekte (IPSAS 23; z. B. Forschungsbeiträge) werden zweckgebunden im langfristigen Fremdkapital aufgeführt. Diese Verpflichtungen haben um 2.9 Mio. zugenommen und belaufen sich auf 64.2 Mio. Die erfolgreiche Akquirierung von Horizon 2020-Projekten führt zu einer Zunahme der Verpflichtung bei den EU-Projekten von 4.9 Mio. Aufgrund der erbrachten Leistung habhaben die Verpflichtungen für die Ressortforschung um 1.5 Mio. abgenommen. Die übrigen projektorientierten Drittmittel beinhaltet vor allem die Leistungserbringung für die Standortförderung in Thun.

## 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 Gegen- parteien
<b>31.12.2020</b>							
Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen	111 572	94 073	–	–	–	17 499	–
Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen	55 707	6 507	14 783	25 105	–	–	9 312
Forderungen mit zurechenbaren Gegenleistungen	3 121	408	–2	–	–	–	2 715
Finanzanlagen und Darlehen	41 098	39 929	–	–	–	–	1 169
Aktive Rechnungsabgrenzungen	944	–	–	–	–	–	944
<b>Total</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>
<b>31.12.2019</b>							
<b>Total Vorperiode</b>	<b>205 129</b>	<b>137 666</b>	<b>10 324</b>	<b>25 919</b>	<b>–</b>	<b>18 403</b>	<b>12 817</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>31.12.2020</b>					
<b>Nicht derivative finanzielle Verbindlichkeiten</b>					
Laufende Verbindlichkeiten	7 677	7 677	7 677	–	–
Leasingverbindlichkeiten	–	–	–	–	–
Finanzverbindlichkeiten	–	–	–	–	–
Passive Rechnungsabgrenzungen	1 412	1 412	1 412	–	–
<b>Derivative finanzielle Verbindlichkeiten</b>					
<b>Total</b>	<b>9 089</b>	<b>9 089</b>	<b>9 089</b>	<b>–</b>	<b>–</b>
<b>31.12.2019</b>					
<b>Total Vorperiode</b>	<b>7 142</b>	<b>7 142</b>	<b>7 142</b>	<b>–</b>	<b>–</b>

## Sensitivität Fremdwährungsrisiko

TCHF	Total	CHF	EUR
<b>Total</b>	<b>159 493</b>	<b>154 370</b>	<b>4 316</b>
Laufende Verbindlichkeiten	7 677	7 458	190
Passive Rechnungsabgrenzungen	1 412	1 332	73
<b>Total</b>	<b>9 088</b>	<b>8 790</b>	<b>263</b>
<b>Währungsbilanz netto</b>	<b>150 405</b>	<b>145 580</b>	<b>4 053</b>
Erfolgswirksame Sensitivität +/- 10 %			405
Stichtagskurs			1.0817

		31.12.2020			31.12.2019		
	USD	Übrige	Total	CHF	EUR	USD	Übrige
<b>Total</b>	<b>807</b>	<b>-</b>	<b>154 229</b>	<b>151 417</b>	<b>2 441</b>	<b>369</b>	<b>1</b>
Laufende Verbindlichkeiten	27	2	5 455	5 221	227	5	2
Passive Rechnungsabgrenzungen	7	-	1 687	1 325	355	7	-
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>2</b>	<b>7 142</b>	<b>6 546</b>	<b>582</b>	<b>12</b>	<b>2</b>
<b>Währungsbilanz netto</b>	<b>773</b>	<b>-2</b>	<b>147 087</b>	<b>144 871</b>	<b>1 859</b>	<b>357</b>	<b>-1</b>
Erfolgswirksame Sensitivität +/- 10 %	77				186	36	
Stichtagskurs	0.8840				1.0866	0.9676	

## Marktrisiko

### Zins- und Kursrisiko

Das Zinsrisiko wird nicht abgesichert. Eine Zu- oder Abnahme des Zinssatzes um einen Prozentpunkt würde das Ergebnis um rund 0.5 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 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	
					Buchwert	Verkehrswert
31.12.2020						
Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen	111 572				111 572	111 572
Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen	55 707				55 707	55 707
Forderungen mit zurechenbaren Gegenleistungen	3 121				3 121	3 121
Finanzanlagen und Darlehen	40 860	–	238		41 098	41 098
Aktive Rechnungsabgrenzungen	944				944	944
Finanzielle Verbindlichkeiten *	–	–	–	9 089	9 089	9 089
31.12.2019						
Finanzvermögen **	204 764	–	366	–	205 130	205 130
Finanzielle Verbindlichkeiten *	–	–	–	7 142	7 142	7 142

\* 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	31.12.2020			31.12.2019				
	Buchwert/ Verkehrswert	Level 1	Level 2	Level 3	Buchwert/ Verkehrswert	Level 1	Level 2	Level 3
Finanzanlagen	238	–	–	238	366	–	–	366
Finanzverbindlichkeiten	–	–	–	–	–	–	–	–



## 29 Finanzielle Zusagen

TCHF	31.12.2020	31.12.2019	Veränderung absolut
Finanzielle Zusagen bis 1 Jahr	4 663	4 843	- 180
Finanzielle Zusagen zwischen 1 und 5 Jahre	30	32	- 2
Finanzielle Zusagen grösser als 5 Jahre	-	-	-
Ohne Fälligkeit / unbestimmt	-	-	-
<b>Total Finanzielle Zusagen</b>	<b>4 693</b>	<b>4 875</b>	<b>- 182</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 2020 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	2020	2019	Veränderung absolut
<b>Fälligkeiten</b>			
Fälligkeiten bis 1 Jahr	1 742	1 743	69
Fälligkeiten von 1 bis 5 Jahren	1 924	1 897	914
Fälligkeiten von mehr als 5 Jahren	-	-	-
<b>Künftige Mindestleasingzahlungen aus unkündbarem operativem Leasing per 31.12.</b>	<b>3 666</b>	<b>3 641</b>	<b>983</b>
<b>Leasingaufwand</b>			
Mindestleasingzahlungen	1 870	1 815	56
<b>Leasingaufwand der Periode</b>	<b>1 870</b>	<b>1 815</b>	<b>56</b>
<b>Zusätzliche Informationen</b>			
Zukünftige Erträge aus Untermieten (aus unkündbaren Mietverträgen)	-	-	-

Die Empa existiert u.a. ein langfristiger Mietvertrag mit solidarischer Haftung der Eawag für das Gästehaus bis 2022 mit einem Restvolumen von 1.9 Mio.. Des Weiteren besteht für den Standort Thun ein Vertrag mit einer Jahresmiete von 0.5 Mio. der bis 2023 verlängert wurde. In 2020 wurden zudem neue, langfristige Leasingverträge für Drucker abgeschlossen (0.2 Mio.)

### 31 Vergütungen an Schlüsselpersonen des Managements

TCHF	2020	2019	Veränderung absolut
Direktion	2 274	2 216	58

### Schlüsselpersonen

Vollzeitstellen	2020	2019	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 22. Februar 2021 genehmigt. Bis zu diesem Datum sind keine wesentlichen Ereignisse eingetreten, die eine Offenlegung im Rahmen der Rechnung der Empa per 31. Dezember 2020 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 2020, der Bilanz zum 31. Dezember 2020, dem Eigenkapitalnachweis und der Geldflussrechnung für das dann endende Jahr sowie dem Anhang zur Jahresrechnung, einschliesslich einer Zusammenfassung bedeutender 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 2020 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 35a<sup>ter</sup> 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.

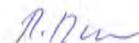
In Übereinstimmung mit Art. 21 Abs. 2 der Verordnung über das Finanz- und Rechnungswesen des ETH-Bereichs bestätigen wir, dass keine Widersprüche zwischen dem Personalreporting im Geschäftsbericht (Lagebericht) und der Jahresrechnung bestehen und dass keine Widersprüche zwischen den Finanzaufstellungen 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, 22. Februar 2021

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