

# Jahresbericht 2019



**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:** Delignifiziert, verformt, verdichtet und wasserabstossend gemacht: Das Holzmaterial, das Empa und ETH entwickeln, hat das Potenzial zum Hightech-Werkstoff, denn es lässt sich beliebig verformen und ist dreimal stärker als natürliches Holz. Dazu entfernen die Forschenden genau jenen Teil aus dem Holz, der ihm in der Natur seine Stabilität verleiht, das Lignin. Bild: ETH/Empa

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

© Empa 2020 – ISSN 1424-2176 Jahresbericht Empa





Bild: Nicolas Zonvi

# Die Rolle der Empa in der Innovationskette

Im April 2019 hat eine internationale Expertenkommission die sechs Institutionen des ETH-Bereichs evaluiert. Dies war auch für uns an der Empa eine hervorragende Gelegenheit, unsere Rolle im Innovationsprozess sowie unsere Einzigartigkeit in der Schweizer Forschungslandschaft zu hinterfragen und zu schärfen. Um es vorwegzunehmen: Die Expertenkommission hat die herausragende Qualität des ETH-Bereichs als Ganzes hervorgehoben und dessen Leistungen positiv gewürdigt, daneben aber auch einige Empfehlungen zur Weiterentwicklung abgegeben.

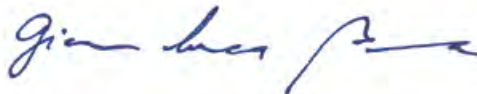
Die besondere Stellung der Empa innerhalb des ETH-Bereichs als Innovationskatalysator spiegelt sich unter anderem in unserer Byline wider: Materialforschung und Technologie. Denn bahnbrechende Innovationen basieren zum einen auf wissenschaftlicher Exzellenz, erfordern andererseits aber auch einen ganzheitlichen Ansatz, der Grundlagenforschung mit praktischer Anwendung verknüpft. Diesen Grundsatz leben wir an der Empa, indem hochgradig diversifizierte Wissenschaftlerinnen und Ingenieure aus den unterschiedlichsten Disziplinen in kleinen, schlagkräftigen Teams zusammenarbeiten.

Die zahlreichen Forschungs- und Innovationsprojekte führen dabei zu einer kontinuierlichen Erweiterung unseres Knowhows – und damit zum Aufbau eines «institutionellen» Gedächtnisses, das bei den vielen langjährigen Kooperationen

mit unseren Industriepartnern einen oft entscheidenden Mehrwert darstellt. Denn die Umsetzung technologischer Innovationen benötigt nicht selten zwischen 10 und 20 Jahren, da ist wissenschaftliche Kontinuität von zentraler Bedeutung.

Indem sie Partner aus Industrie und Forschung zusammenbringen, spielen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Empa im Innovationsprozess in der Schweiz eine Schlüsselrolle. Darauf basiert unsere führende Stellung in der angewandten Forschung und im Technologietransfer, und genau damit grenzt sich die Empa auch klar von den hiesigen Universitäten und Hochschulen mit ihrem Fokus auf Forschung und Lehre ab.

Ein zentrales Element sind dabei die Wissens- und Technologietransfer-Plattformen wie NEST, move, das «Coating Competence Center» sowie die Initiative zu den neuen Fertigungstechnologien (s. S. 22 ff.), die sich allesamt an den fünf Forschungsschwerpunkten der Empa (s. S. 32 ff.) orientieren. In diesen Grossprojekten, die gleichsam eine Art Leuchtturmfunktion für die Empa haben, arbeiten unsere Forschenden mit ihren Partnern aus Industrie und öffentlichen Einrichtungen – insgesamt ein Netzwerk aus mehr als 1100 Partnerinstitutionen – Hand in Hand, um den Innovationsprozess in verschiedenen für unser Land zentralen Sektoren zu beschleunigen. Nur so können wir einen echten Mehrwert für unsere Gesellschaft und unsere Volkswirtschaft mit ihren zahlreichen KMU bieten.



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



# Das Jahr im Rückblick

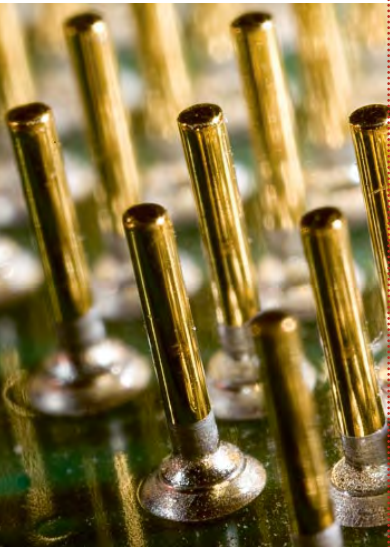
## Ausgezeichnete Lernende

Die Spitzenforschung an der Empa im Bereich Materialwissenschaften und Technologien baut auf die Expertise ihrer Mitarbeitenden. Dazu gehören auch die über 40 Lernenden in zehn verschiedenen Lehrberufen. Viele davon absolvieren ihre Abschlussprüfungen mit Bestnoten und Ehrungen. Dass sie ein ausgezeichnete Lehrbetrieb ist, wurde der Empa dann auch vom Beratungsunternehmen Great Place to Work mit dem Gütesiegel «Beste Lehrbetriebe der Schweiz – von Lernenden empfohlen» attestiert.



## Seltene Metalle im Elektroschrott

In Elektronikschrott stecken mehr seltene Metalle als in jeder Mine. Doch was geschieht mit den wertvollen Rohstoffen? Und wie viel seltenes Metall steckt in Handys, Computern und Bildschirmen, die derzeit noch in Gebrauch sind? Diesen Fragen sind Empa-Forscher nachgegangen. Gold wird heute grösstenteils wiedergewonnen – andere rare Metalle wie Indium und Neodym gehen dagegen verloren. Bereits eine geringe Erhöhung der vorgezogenen Recyclinggebühr würde genügen, um auch deren Wiedergewinnung wirtschaftlich zu machen. Bis dahin wäre es zumindest sinnvoll, Bauteile mit einem hohen Anteil an Indium und Neodym zwischenzulagern – damit die Rohstoffe nicht für immer verloren sind. Bild: iStockphoto



## Auszeichnung für CFK-Pionierleistungen

Urs Meier ist seit 1969 an der Empa tätig, unter anderem als Direktor des Standorts Dübendorf. Bereits 1980 startete Meier mit der Idee, kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe (CFK) für Seile im Grossbrückenbau einzusetzen. Einen damals extrem teuren «Superwerkstoff» im Bauwesen zu nutzen, erschien derart verrückt, dass er erste Studien im Geheimen anging. 1982 kam der Einfall dazu, Betonbauwerke durch das Aufkleben extrem dünner CFK-Lamellen zu verstärken. Im September 2019 durfte Urs Meier für seine Pionierleistungen eine prestigeträchtige Auszeichnung entgegennehmen – den SAMPE Fellow Award. Dieser wird als Anerkennung für herausragende Beiträge in den Bereichen Materialien und Prozesse verliehen.





### Romantische Replikate

Ein Musikstück genau so zu spielen, wie dieses vom Komponisten ersonnen wurde, liegt im Trend. Woher aber die raren historischen Instrumente nehmen? Die Lösung wären exakte Nachbauten der begehrten Originale. Empa-Forscher analysieren Materialien und Klang derartiger Replikate. Das Ziel: Posaunen aus der Epoche der Romantik mit ihrem typischen Klang und entsprechend der damaligen Handwerkskunst mit authentischen Materialien nachzubauen.



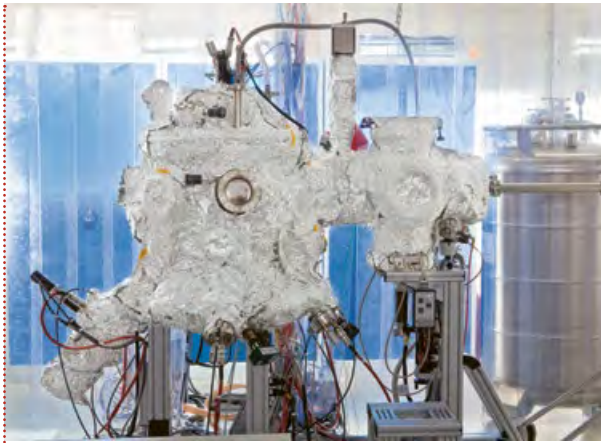
### Batterie-Forschungspreis für Empa-Forscher

Léo Duchêne durfte im Oktober den renommierten Battery Division Student Research Award der Electrochemical Society in Atlanta, USA, entgegennehmen. Dieser Forschungspreis wird an vielversprechende Jungwissenschaftler auf dem Gebiet der elektrochemischen Energiespeicher verliehen. Ausgezeichnet werden Duchênes Resultate zu Festkörperbatterien, die er während der letzten vier Jahre innerhalb seiner Doktorarbeit an der Empa erarbeitet hat. Diese Art der Batterien soll es künftig ermöglichen, fast doppelt so viel Energie wie in heutigen Batterien zu speichern und gleichzeitig ein hohes Niveau an Sicherheit und Zuverlässigkeit zu gewährleisten. Bild: iStockphoto

### Orthopädische Schrauben aus Magnesium

Wo Knochen bersten, müssen Chirurgen die Bruchstücke mit Implantaten zusammenfügen. Herkömmliche Metallimplantate aus Titan oder Stahl halten Knochenfragmente nach einem Bruch stabil zusammen. Um sie zu entfernen, ist aber eine weitere Operation nötig. Orthopädische Schrauben aus Magnesium, die sich mit der Zeit im Körper auflösen, ersparen Patienten eine weitere Operation nach der Heilung und mindern so das Infektionsrisiko. Was mit derartigen Implantaten im Körper passiert, ist indes weitgehend unbekannt. Empa-Forscher analysieren die Korrosionsvorgänge von Magnesium, um optimale Legierungen und orthopädische Schrauben mit funktionalisierten Oberflächen zu entwickeln. Bild: iStockphoto





### Neuer Rekord für Dünnschicht-Solarzellen

Noch nie wurde eine so effiziente flexible CIGS-Solarzelle hergestellt: Empa-Forschende haben ihren eigenen Rekordwert gebrochen. Sie verbesserten den Wirkungsgrad der Energieumwandlung bei CIGS-Solarzellen auf flexiblem Polymersubstrat auf 20,8 Prozent. Das ist 0,4 Prozent höher als die bisher erreichte Marke – die von derselben Forschungsgruppe gehalten wurde. Die Technologie der Wahl heisst Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid (CIGS), die die Herstellung von flexiblen, leichten Solarzellen auf Polymerfolien ermöglicht.

### Schwimmende Kraftwerke

Riesige Solarinseln auf dem Meer, die genügend Energie produzieren, um einen CO<sub>2</sub>-neutralen globalen Güterverkehr zu ermöglichen – was wie Science-Fiction klingt, haben Forschende der Empa, der ETH Zürich, des Paul Scherrer Instituts (PSI), der Universitäten Zürich und Bern sowie der National University of Science and Technology in Trondheim erstmals durchgerechnet und in der Fachzeitschrift «Proceedings of the National Academy of Sciences» (PNAS) vorgestellt. Ausgangspunkt der Idee sind schwimmende Plattformen, ausgestattet mit Photovoltaikanlagen. Da Solarstrom dort nicht gespeichert und auch nur schlecht abtransportiert werden kann, macht ein Solar-kraftwerk auf dem Meer keinen Sinn. Allerdings lässt sich aus Kohlendioxid und Wasserstoff flüssiges Methanol (CH<sub>3</sub>OH), aber auch gasförmiges Methan (CH<sub>4</sub>) herstellen. Die Ausgangsstoffe könnten direkt aus dem Ozean gewonnen oder dort hergestellt werden, so die Idee der Forschenden. Bild: Novaton



### Leisere Landung dank Assistenzsystem

Anflug und Landung gehören zu den komplexesten Phasen eines Flugs. Um den Piloten einen möglichst lärmarmen Anflug zu ermöglichen, hat das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) ein neues Assistenzsystem (LNAS) entwickelt, das dem Piloten via Display im Cockpit anzeigt, wann genau welche Handlung für einen lärmarmen Anflug durchzuführen ist. Empa-Akustikforscher haben das neue System am Flughafen Zürich getestet; erste Ergebnisse werden für das Frühjahr 2020 erwartet. Das LNAS soll mittelfristig als industrialisierte Lösung in das Flugmanagementsystem von Linienflugzeugen eingebaut werden. Die Zeichen stehen gut, dass die innovative Lösung weltweit «zum Fliegen» kommt. Bild: iStockphoto





### Kooperation mit Lexus

Automatisierte Fahrzeuge haben das Potenzial, den Strassenverkehr sicherer, effizienter und komfortabler zu machen. Lexus und die Empa haben eine Zusammenarbeit vereinbart, um die Sensorik für automatisierte Fahrzeuge zu verbessern. Sensorsysteme spielen für das automatisierte Fahren eine zentrale Rolle. Indem sie das Umfeld des Fahrzeugs erfassen, liefern sie die nötigen Informationen, um das Fahrzeug sicher durch den Verkehr zu lenken. Im realen Einsatz sind diese Sensoren jedoch verschiedensten Witterungs- und Umwelteinflüssen wie auch mechanischen Belastungen ausgesetzt. Im Rahmen der Zusammenarbeit hat Lexus der Empa ein Testfahrzeug zur Verfügung gestellt, das dort nun mit verschiedenen Sensoren und einem Datenerfassungssystem ausgerüstet wird, um das Verhalten der Sensoren im realen Fahrbetrieb detailliert zu untersuchen.



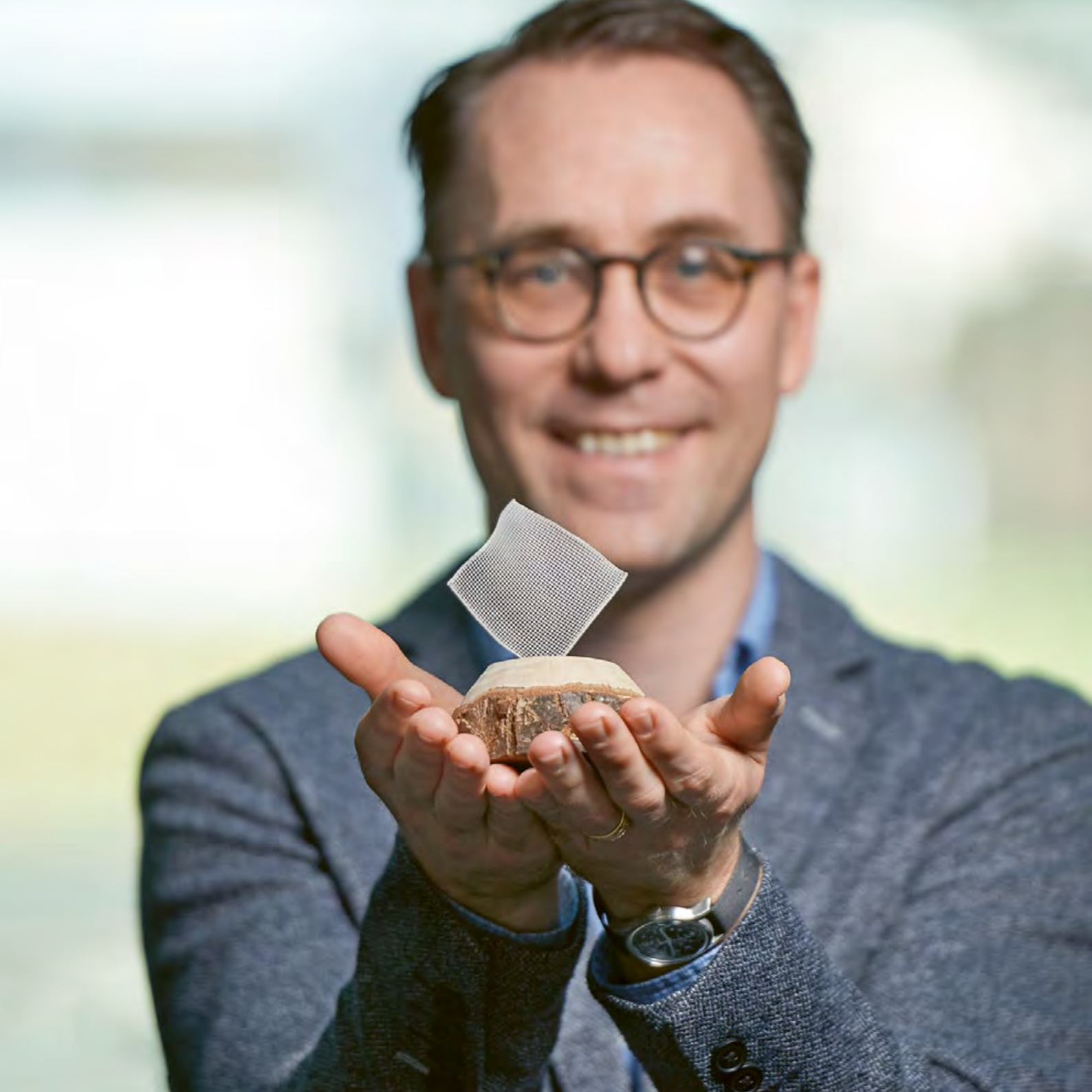
### Die schöne Seite der Forschung

Die Schönheit wissenschaftlicher Ergebnisse erschliesst sich mitunter nur Experten. Für die Kunst- und Wissenschaftsausstellung ArtSci 2019 an der ETH Zürich machten Forscher den Zauber der Naturwissenschaften allerdings für ein breites Publikum fass- und sichtbar. Empa-Forscher präsentierten gleich drei Kunstwerke und betonten, dass gute Forschung und Kreativität durchaus voneinander profitieren. «Frozen clouds», eines der drei Werke, zeigt ein farbiges Bio-Aerogel. Dieses ist ein so unfassbar leichter Feststoff, dass er auch als gefrorene Wolke bezeichnet werden kann.

### Bequem zum (simulierten) Mars

«Serenity» – auf deutsch Gelassenheit: Das ist der Name des neuen Marsanzug-Prototyps, den das Österreichische Weltraumforum mit Beteiligung der Empa zurzeit entwickelt. Er soll 2020 bei der Simulation einer internationalen Marsmission in der israelischen Negevüste zum Einsatz kommen. Die beiden Partner unterzeichneten eine Kooperationsvereinbarung, um bei der Entwicklung des Prototyps noch enger zusammenzuarbeiten. Im Mittelpunkt der Kooperation steht die Optimierung des Tragekomforts und des Wärmeregulierungssystems von «Serenity» basierend auf den Körpermodellen, die an der Empa entwickelt wurden. Bild: ÖWF





## Ausgewählte Projekte

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

# Schneller und günstiger zu neuartigen Solarzellen

Dr. Frank Nüesch, frank.nueesch@empa.ch  
Dr. Jakob Heier, jakob.heier@empa.ch  
Anand Verma, anand.verma@empa.ch

---

**D**er Halbleiter Perowskit gilt als neue Hoffnung, den Produktionspreis für Solarzellen unter diejenigen des bislang verwendeten Siliziums zu drücken. Die Empa entwickelt neue Herstellungsverfahren, um Perowskit-Solarzellen nicht nur günstiger, sondern auch schneller zu produzieren und fit für die Industrie zu machen. Dazu hat die Empa im Rahmen des vom Bundesamt für Energie (BFE) geförderten Projekts «UPero» mit dem Waadtländer Unternehmen Solaronix SA zusammengearbeitet. Gemeinsam stellten sie in einem effizienteren Verfahren eine funktionsfähige Perowskit-Zelle im Labormassstab von 10 × 10 Zentimeter her.

## Schlitzdüse statt Siebdruck

Für die Herstellung dieser neuartigen Perowskit-Zelle kommt das sogenannte Schlitzdüsenverfahren zum Einsatz. Dabei wird die Materialschicht auf eine Glasschicht aufgebracht und im Anschluss strukturiert, indem überschüssiges Material mittels Laser entfernt wird. Mit dem neuen Beschichtungsverfahren können die Forschenden nicht nur schneller beschichten, sondern auch die Dicke der einzelnen Schichten flexibler festlegen. Mit dem Schlitzdüsenverfahren lassen sich künftig meterlange Bahnen relativ

einfach und schnell beschichten. Die erhöhte Beschichtungsgeschwindigkeit ist dann auch das zentrale Element bei einer möglichen Industrialisierung der Perowskit-Zellproduktion.

Insgesamt fünf Schichten aus unterschiedlichen Materialien, darunter Titanoxid, Zirkonoxid und Graphit, sind für eine solche Zelle nötig. Während beim bisherigen Siebdruckverfahren die Schichten einzeln getrocknet und gesintert (also verdichtet) werden müssen, was viel Zeit und Energie in Anspruch nimmt, lassen sich beim Schlitzdüsenverfahren sämtliche Schichten direkt nacheinander auftragen und gemeinsam sintern. Den finalen Touch erhält die Perowskit-Solarzelle durch das Aufbringen des Perowskit-absorbers mittels Tintenstrahl Druck im Coating Competence Center der Empa – dem sogenannten Infiltrieren. Dabei wird das Perowskit nicht wie bisher als feste Schicht auf das Substrat aufgebracht, sondern sickert durch alle porösen Unterschichten der Solarzelle bis zum Boden.

## Eine erfolgreiche Kooperation

Bei der Entwicklung des neuen Verfahrens arbeitete das Empa-Team eng mit Solaronix-Experten zusammen. Von ihnen stammen die «Tinten» – also die nanoskaligen Leiter, Halbleiter und Isolatoren – für den

Druck der einzelnen, hauchdünnen Schichten der Solarzelle. Die Schwierigkeit für die Empa-Forschenden bestand darin, diese Tinte so aufzubereiten, dass sie sich für das Schlitzdüsenverfahren eignet. Genau das ist ihnen vor Kurzem gelungen.

Ein weiterer Vorteil, den die mit diesem neuartigen Verfahren hergestellten Perowskit-Solarzellen mit sich bringen, ist eine längere Lebensdauer im Vergleich zu bisherigen Perowskit-Zellen. In einem nächsten Schritt folgen Praxistests: Ende 2020 wird ein Perowskit-Panel auf dem Dach des NEST-Gebäudes auf dem Empa-Campus in Dübendorf montiert, wo sich die Zellen im Alltag bewähren müssen. //

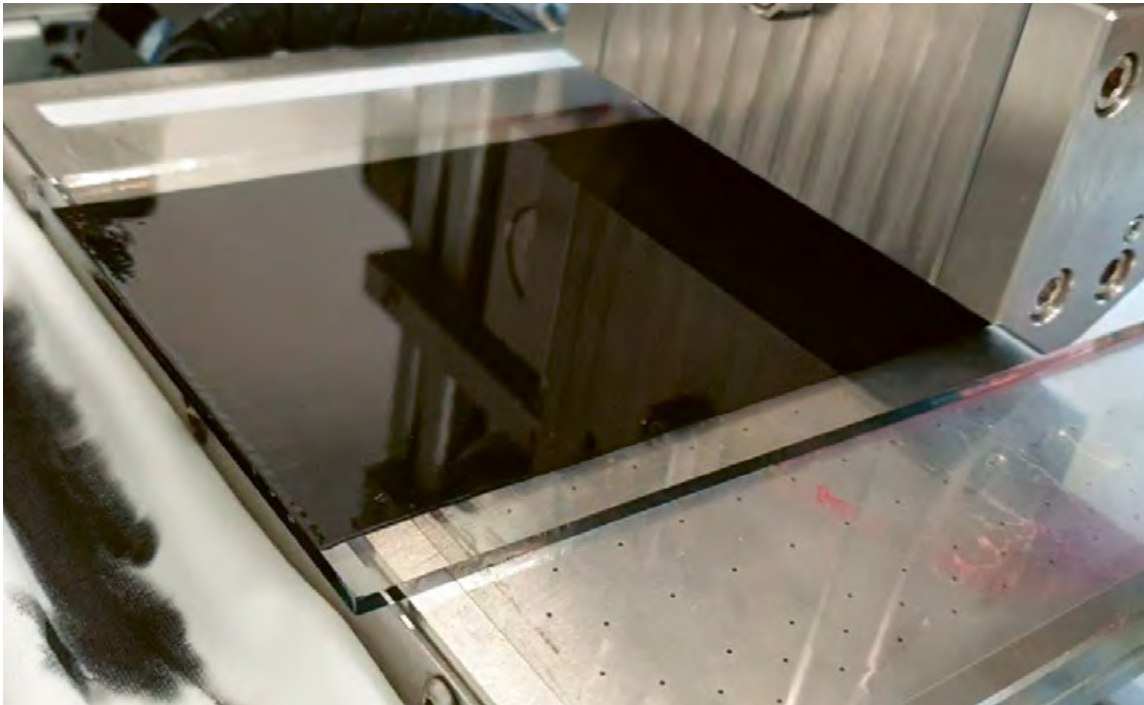
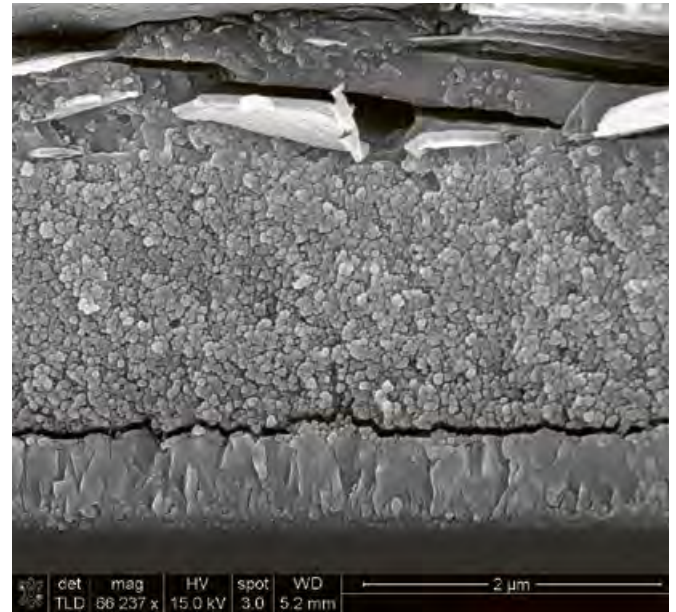


1

Querschnitt durch die einzelnen Schichten der Perowskit-Solarzelle durch das Rasterelektronenmikroskop gesehen: Die einzelnen Schichten sind hauchdünn, und die porösen Materialien wurden im letzten Schritt mit Perowskit «aufgefüll».

2

Die Spritzdüse bringt eine Kohlenstoffschicht auf das Substrat auf. Nacheinander können so alle fünf Schichten der Solarzelle aufgebracht und gemeinsam getrocknet werden. Beim herkömmlichen Siebdruckverfahren musste jede Schicht mindestens eine Stunde separat getrocknet und gesintert werden.



# Mit bewegten Bildern zur richtigen Operation

**E**in Bandscheibenvorfall ist schmerzhaft und eine der häufigsten Ursachen einer Operation an der Wirbelsäule. Wenn der Bandscheibenvorfall nicht mit Hilfe von Medikamenten von allein wieder schrumpft, kommen zwei Operationsarten in Frage: Die eine Möglichkeit ist eine sogenannte Dekompression, um die betroffenen Nervenwurzeln chirurgisch zu entlasten. Die zweite ist, die betroffenen Wirbel zu versteifen. Die Versteifung ist aber ein riskanterer, stark invasiver Eingriff – und manchmal verlagert sich das Problem in der Folge nur: Die darunter und darüber liegenden Bandscheiben könnten in der Folge stärker belastet werden und ebenfalls nachgeben. Um zu entscheiden, welcher Eingriff nötig ist, verlassen sich Ärzte meist auf den Vergleich zweier statischer Röntgenbilder – im aufrechten und im nach vorne gebeugten Zustand. Wenn sich die betroffenen Wirbel dabei stark zueinander verschieben oder gar verdrehen, ist eine Versteifung angezeigt – falls nicht, kann eine Dekompression, also das Entfernen der Bandscheibenmasse, ausreichen.

Studien zeigten aber, dass dies als Entscheidungsgrundlage oftmals nicht ausreicht: Bei bis zu einem Drittel der Patienten, die die einfachere Operation er-

halten, muss nachoperiert werden. Umgekehrt ist anzunehmen, dass nicht bei allen Patienten, bei denen die Wirbel versteift wurden, dieser Eingriff wirklich nötig war. Das Problem: Die Bilder zeigen nur den Anfangs- und den Endzustand der Wirbelposition – aber nicht, was während der Bewegung selber geschieht.

## **Dynamische Bewegungsmuster sind entscheidend**

Forschende des «Mechanical Systems Engineering»-Labors der Empa sowie der Abteilung für orthopädische Operationen der Universität Pittsburgh konnten zeigen, dass sich die Wirbel während der Bewegung nicht linear verschieben. Im Gegenteil: Je nach Patient zeigten sich stark unterschiedliche Bewegungsmuster. Für die Studie erstellten die Forschenden bei Probanden kontinuierliche, dynamische Röntgenaufnahmen, während diese ihren Oberkörper langsam nach vorn neigten. Aufgrund der Aufnahmen berechneten die Forscher dann, wie sich die Wirbel bewegten.

Zu erwarten wäre gewesen, dass bei der Bewegung Rotation und Verschiebung der Wirbel gleichmässig zunehmen. Bei einem Teil der Probanden war die Instabilität der Wirbelkörper während der Bewegung jedoch bis zu elfmal höher, als es

Dr. Ameet Aiyangar, [ameet.aiyangar@empa.ch](mailto:ameet.aiyangar@empa.ch)

---

der Vergleich zwischen Anfangs- und Endposition nahegelegt hätte.

## **Technologie ist noch nicht Klinikalltag**

Das zeigt, dass eine dynamische Beurteilung der Schädigung notwendig ist, um die bestmögliche Behandlung zu wählen. Doch bildgebende Geräte mit der erforderlichen Technologie für dynamische Bilder – Dynamic Stereo X-Ray (DSX) – gibt es erst einige wenige weltweit, und die Berechnungen der Bewegungsmuster sind äusserst komplex. Im Moment kommt die Technologie daher erst in der Forschung zum Einsatz. Bis sie Klinikalltag wird, könnte es aber sinnvoll sein, anstatt nur zwei Bilder in den Endpositionen mehrere Röntgenaufnahmen in verschiedenen Bewegungszuständen zu erstellen und zu vergleichen. //



Bei einem Bandscheibenvorfall kommen grundsätzlich zwei Operationsarten infrage. Doch welche ist die bessere? Bild: iStockphoto

# Schaum schützt vor Narbenbildung

Schlecht heilende Wunden und starke Vernarbungen können die Beweglichkeit und Gesundheit eines Menschen deutlich beeinträchtigen. Und obwohl Millionen von Menschen betroffen sind, ist der komplexe Prozess der Wundheilung noch immer nicht vollständig geklärt, geschweige denn steuerbar. Mit dem Forschungsprojekt «Scaravoid», das von der Gebert Rütli Stiftung gefördert wird, soll der natürliche Heilungsprozess nun umfassender verstanden und unterstützt werden. Empa-Forschende haben hierzu einen Polymerschäum entwickelt, der die Selbstheilungskräfte bei der Wundheilung optimiert.

## Offenporige Architektur

Als Grundlage für den «Wundschaum» dient ein bereits für medizinische Anwendungen zugelassenes Polymergerüst. In einem Hochdruckreaktor wird das Biopolymer mit superkritischem Kohlendioxid aufgeschäumt, wobei sich die Porengrösse mit Hilfe von Druck und Temperatur genau einstellen lässt. Einmal in eine Verletzung platziert, greift das Polymergerüst gleich an mehreren Stellen unterstützend in die Wundheilungskaskade ein: Einwandernden Zellen bietet es mit seiner offenporigen Architektur ein geeignetes Gerüst, um sich anzusiedeln. Da das

Schaumgerüst bioabbaubar ist, gestalten die Zellen die Polymerstruktur um und bilden ein neues, funktionstüchtiges Gewebe aus.

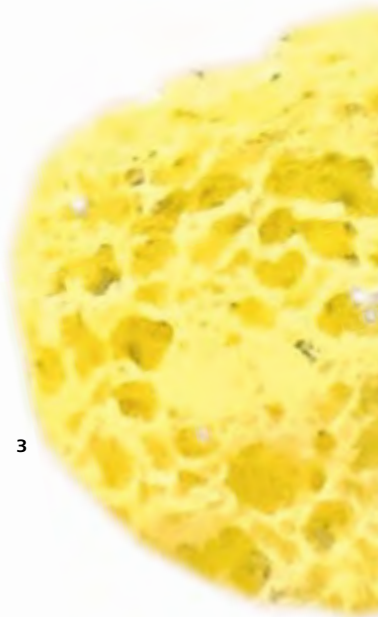
## Gelber Ingwer steuert Zellfunktionen

Damit sich dabei keine unerwünschten Narben bilden, ist das Polymer zudem mit einer bioaktiven Substanz ausgerüstet, die die Narbenbildung hemmt. Dafür haben sich die Forscher in der Natur bedient und einen Stoff verwendet, der eher aus der Küche bekannt ist als aus dem Spital: Curcumin. Das Pulver, ein Bestandteil der Kurkumawurzel, auch Gelber Ingwer genannt, färbt als Zusatzstoff E100 bestimmte Lebensmittel und trägt im Currypulver zum Aroma bei. Als pharmakologische Komponente ist Curcumin wegen seiner entzündungshemmenden Eigenschaften interessant. Die Empa-Forschenden versetzten Zellkulturen mit Curcumin und fanden heraus, dass Biomarker, die typischerweise in Narben vorkommen, deutlich reduziert sind.

Im Schaumstoff ist das Curcumin innerhalb des Gerüsts eingebunden und wird nach und nach freigesetzt. Es steuert das Verhalten und die Funktion der Zellen, die in das Gerüst einwandern, und unterstützt so die natürliche Balance der Wundheilung. Was derzeit in Labortests

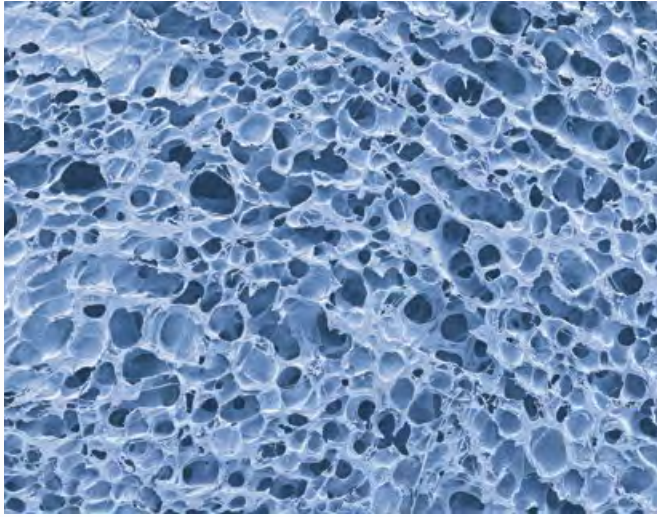
Dr. Markus Rottmar, markus.rottmar@empa.ch

in Form von kleinen Polymerproben analysiert wird, soll künftig in der klinischen Anwendung in Form von grösseren Polymermembranen eingesetzt werden. Vor allem bei schweren Verletzungen, etwa nach Verkehrsunfällen oder Verbrennungen, sollen die Membranen die Wundheilung optimieren. //



3



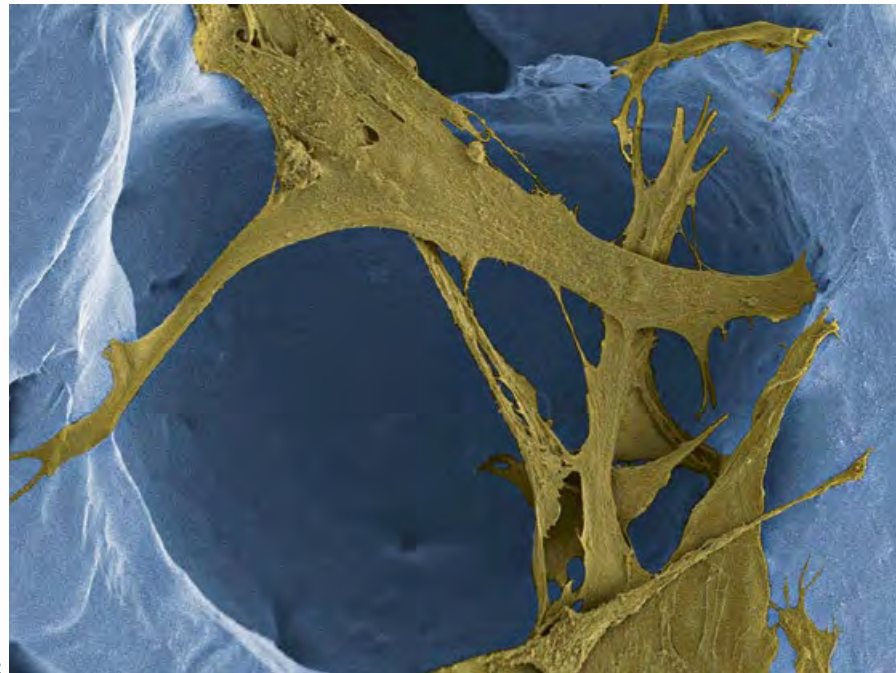


1

**1**  
Für «Scaravoid» wird ein Biopolymer mit superkritischem Kohlendioxid aufgeschäumt. (Kolorierte SEM-Aufnahme, 30-fache Vergrößerung)

**2**  
Im Gerüst des Polymerschaums finden Zellen wie diese Fibroblasten (bräunlich) Halt, um neues, funktionales Hautgewebe aufzubauen. (Kolorierte SEM-Aufnahme, 1200-fache Vergrößerung)

**3**  
Der Polymerschaum kann in eine Hautwunde platziert werden und den natürlichen Heilungsprozess optimieren. Er ist mit gelbem Curcumin versetzt, das die Zellfunktionen steuert.



2

# Neuartiger Ventiltrieb spart Sprit

Dr. Patrik Soltic, patrik.soltic@empa.ch

---

Der Ventiltrieb ist das «Atmungsorgan» von Verbrennungsmotoren; er steuert die Zufuhr von Frischluft und die Ableitung der Abgase, was als «Gaswechsel» bezeichnet wird. Dazu werden heute üblicherweise mechanisch angetriebene Nockenwellen eingesetzt, häufig ausgerüstet mit einer recht aufwändigen Zusatzmechanik. Mit dieser Mechanik kann ein von der Nockenwelle vorgegebenes Ventilbewegungsmuster modifiziert werden, was nicht ohne erhöhte Reibung möglich ist. Die Flexibilität einer solchen Steuerung ist dennoch begrenzt.

Ein Team der Empa entwickelte gemeinsam mit einem externen Partner einen elektrohydraulischen Ventiltrieb, der gegenüber heutiger Serientechnik deutlich flexibler ist. Die Ventile werden hydraulisch betätigt und einzeln über eine Magnetspule elektrisch angesteuert. Sobald ein Steuerstrom fliesst, öffnet sich ein speziell ausgelegtes Hydraulikventil. Dadurch fliesst Hydraulikflüssigkeit ein und öffnet das Gaswechselventil innert Millisekunden gegen eine Feder auf den gewünschten Hub. Wird der Strom abgeschaltet, schliesst die Federkraft das Gaswechselventil wieder und speist dabei den Grossteil der zum Öffnen benötigten hydraulischen Energie zurück in das Hyd-

rauliksystem. Das «FlexWork» genannte System ist über weite Betriebsbereiche deutlich sparsamer als herkömmliche, nockenwellengetriebene Systeme mit Drosselklappe. Im für Personenwagen typischen Tieflastbereich lassen sich dadurch rund 20 Prozent Treibstoff einsparen.

## **Anpassungsfähig auf erneuerbare Treibstoffe**

Öffnungs- und Schliesszeit der Ventile sowie der Ventilhub können für jeden Zylinder in jedem Arbeitszyklus völlig frei eingestellt werden. Dies macht den Motor äusserst anpassungsfähig für neue erneuerbare Treibstoffe: Sauerstoffhaltige Treibstoffe wie Methanol oder Ethanol erlauben es zum Beispiel, mehr Restgas im Zylinder zu belassen. Erdgas, Biogas und aus Wind- und Solarstrom erzeugtes Syngas besitzen erhöhte Klopfestigkeit; auch darauf kann der neue Ventiltrieb flexibel reagieren.

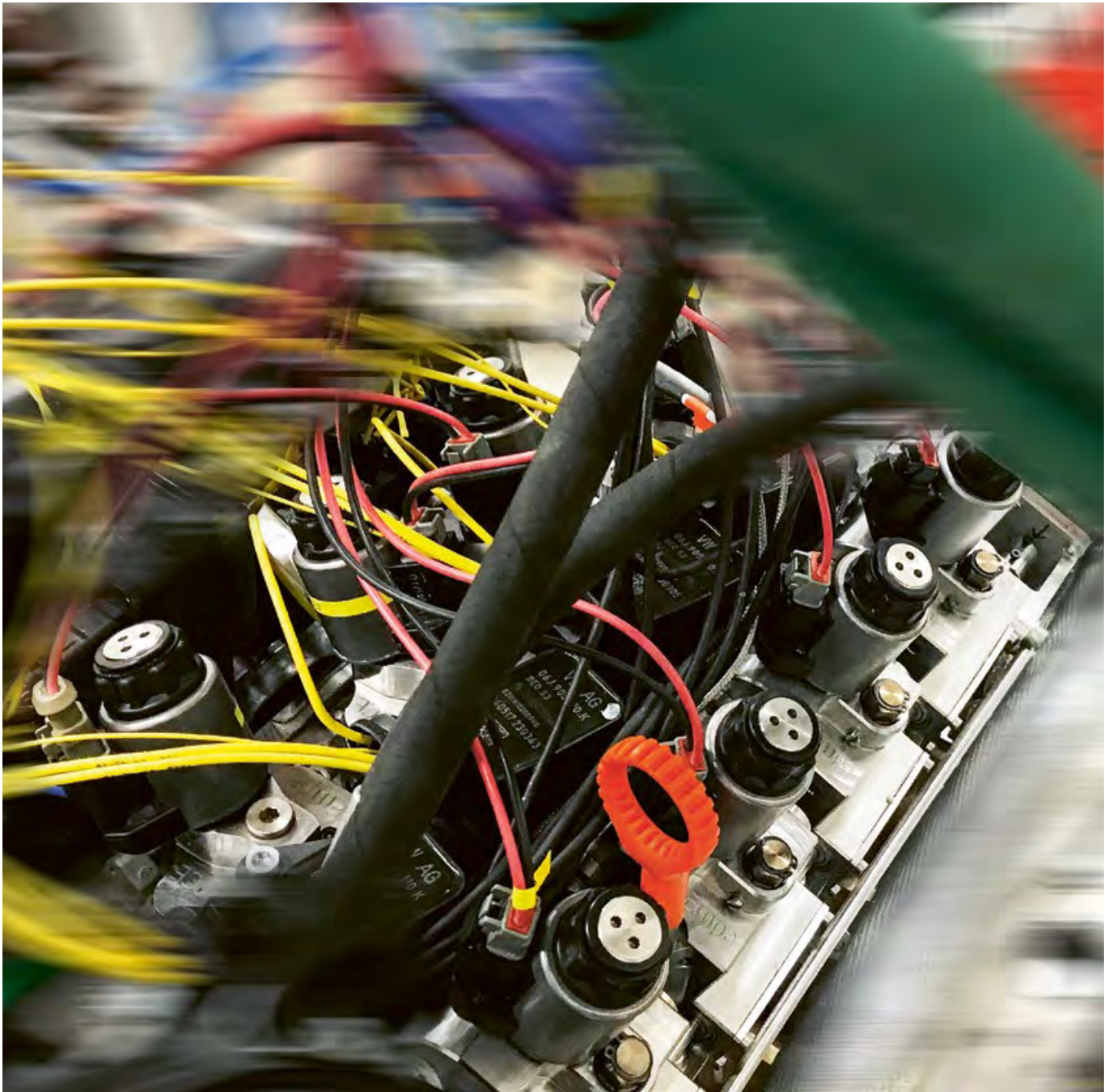
## **Zylinderkopf ohne Öl**

Eine weitere Spezialität des FlexWork-Systems ist die Wahl der Hydraulikflüssigkeit: Anstatt wie üblich Öl zu verwenden, wird ein Wasser-Glykol-Gemisch, also Motorkühlwasser, eingesetzt. Dadurch wird der Zylinderkopf komplett ölfrei – für den restlichen Motor kann daher ein

einfacheres Motorenöl mit längeren Ölwechselintervallen eingesetzt werden.

Im Rahmen des vom Bundesamt für Energie (BFE) geförderten Projekts «FlexWork» wurde der neue Ventiltrieb auf einem VW-1.4l-TSI-Motorblock montiert und erprobt. Im Prüfstandbetrieb hat er über mehrere Monate hinweg bereits viele Millionen Arbeitszyklen problemlos überstanden.

Der neue Ventiltrieb eignet sich indes nicht nur für Motoren, sondern auch für andere «atmende Maschinen» wie Kompressoren und Expansionsmaschinen, die dadurch flexibler und effizienter werden. //



An der Empa wurde ein neuartiger, elektrohydraulisch betätigter Ventiltrieb für Verbrennungsmotoren entwickelt, der völlig freie Verstellbarkeit von Hub und Steuerzeiten ermöglicht und dabei gleichzeitig robust und günstig zu realisieren ist. Die neue Technik spart bis zu 20 Prozent Treibstoff.



# Medizinische Sensoren aus Nanocellulose

Dr. Gilberto De Freitas Siqueira, gilberto.siqueira@empa.ch

---

**E**mpa-Forscher entwickeln gemeinsam mit Kollegen der kanadischen Simon Fraser University flexible, bioverträgliche Sensoren aus Nanocellulose, die auf der Haut liegen sollen. Die 3D-gedruckten Analysechips aus nachwachsenden Rohstoffen sollen gesundheitlich relevante Werte messen, etwa die Konzentrationen von Ionen wie Calcium, Kalium und Ammonium.

## «Superpudding» aus Holz

Nanocellulose ist ein preiswerter, nachwachsender Rohstoff, der in Form von Kristallen und Fasern beispielsweise aus Holz gewonnen werden kann. Allerdings hat das ursprüngliche Erscheinungsbild eines Baumes nichts mehr mit der gallertartigen Nanosubstanz zu tun. Weitere Quellen für das Material sind Bakterien und Algen sowie Produktionsreste aus der Lebensmittelherstellung. Damit ist Nanocellulose nicht nur leicht und nachhaltig zu gewinnen. Interessant machen den «Superpudding» auch seine mechanischen Eigenschaften, weshalb sich neue Verbundwerkstoffe mit Nanocellulose entwickeln lassen. Und gerade weil das Material aus natürlichen Ressourcen stammt, eignet es sich ganz besonders für die biomedizinische Forschung.

Um chemische Sensoren zu produzieren, wird die Nanocellulose als «Tinte» im 3D-Druckverfahren verwendet. Elektrisch leitfähig sind die Sensoren, da die Tinte mit Silbernanodrähten versetzt ist, sodass sich ein dreidimensionales Netzwerk bildet. Damit die Messwerte weiter analysiert werden können, sendet der Sensor seine Ergebnisse zur Datenverarbeitung an einen Computer. Insgesamt ist das winzige «Biochemie-Labor» lediglich einen halben Millimeter dick.

Während der aktuelle Sensor Ionenkonzentrationen spezifisch und zuverlässig ermittelt, arbeiten die Forscher bereits an einer neuen Version: Damit der Sensor nicht nur gut verträglich, sondern auch bioabbaubar ist, sollen die Silberpartikel durch ein anderes leitfähiges Material ersetzt werden, etwa auf der Basis von Kohlenstoffverbindungen.

## Anschmiegsamer Bewegungssensor

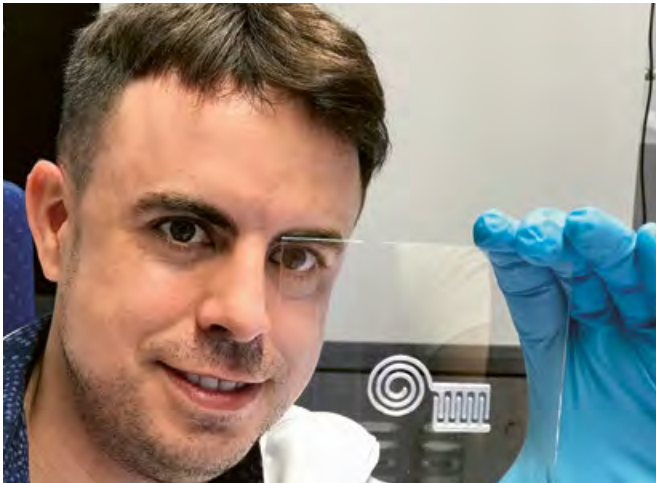
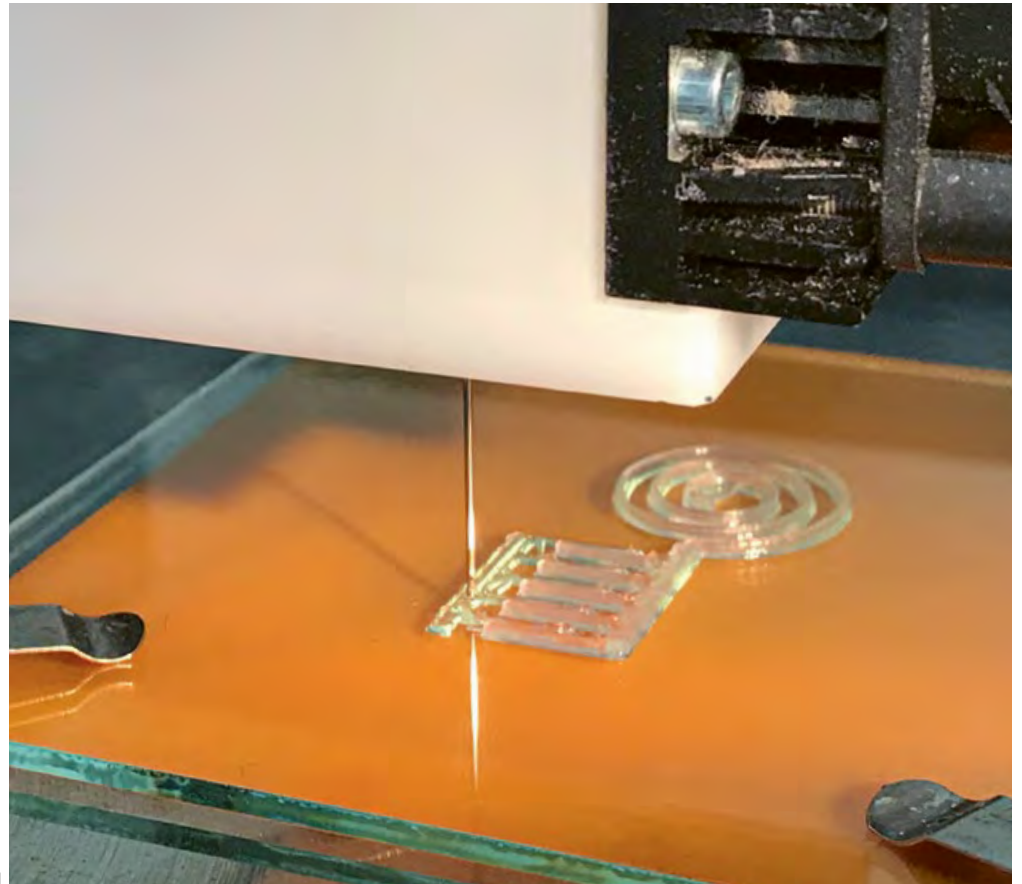
Ebenfalls auf Basis von Nanocellulose entsteht ein weiterer Sensor, der als Einlegesohle in Schuhen getragen werden kann. Innerhalb des «D-Sense»-Projekts arbeitet die Empa mit Forschenden der EPFL, der ETH Zürich, des Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique (CSEM) und des Centre hospitalier universitaire vaudois (CHUV) zusammen.

«D-Sense» ist eines der Projekte des strategischen Fokusbereichs «Advanced Manufacturing» des ETH-Bereichs. Ziel ist ein 3D-gedruckter, mehrschichtiger Sensor zum Anziehen, der sich perfekt an die Haut anschmiegt. Der Fussensor misst unter anderem mechanische Parameter wie Belastung, Druck und Kraftwirkung, mit denen sich die Bewegungen von Gelenken exakt analysieren lassen. //



**1**  
Mit dem 3D-Drucker wird die Nano-  
cellulose-«Tinte» auf eine Trägerplatte  
appliziert. Silberpartikel sorgen für die  
elektrische Leitfähigkeit des Materials.

**2**  
Empa-Forscher Gilberto Siqueira  
demonstriert den frisch ausgedruckten  
Nanocellulose-Schaltkreis. Nach  
einem Trocknungsprozess lässt sich  
das Material weiterverarbeiten.



# Höhere Wertschöpfung durch neue Fertigungstechnologien

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

---

Industriearbeitsplätze tragen mit gut 20 Prozent zur Wertschöpfung und damit zum Wohlstand in der Schweiz bei. Eine Person, die in der Industrie arbeitet, generiert im Schnitt knapp 100 000 Franken an Mehrwert pro Jahr und damit etwa doppelt so viel wie eine Person, die in den schnell wachsenden Dienstleistungsbereichen arbeitet. Damit unser Durchschnittseinkommen und unsere Kaufkraft nicht sinken, müssen wir Industriearbeitsplätze in der Schweiz erhalten.

## «Use it – or lose it!»

Zudem entwickeln wir in der Schweiz immer wieder neue innovative Technologien zur Herstellung von Produkten. Allerdings können wir unsere Technologieführerschaft nur dann aufrechterhalten, wenn wir diese neu entwickelten Technologien auch selbst einsetzen. Denn Herstellungstechnologien werden in der Regel dort weiterentwickelt, wo sie eingesetzt werden. Auch deshalb brauchen wir Industriearbeitsplätze in der Schweiz.

Getreu ihrem Motto «Empa – The Place where Innovation Starts» entwickelt die Empa Materialien und Prozesse, die für neue und innovative Herstellungstechnologien benötigt werden; doch sie geht sogar noch einen Schritt weiter: Zu-

sammen mit Partnern aus der Industrie will sie zeigen, dass neue Technologien nicht nur im Labor funktionieren, sondern auch hochskaliert und in der industriellen Produktion erfolgreich eingesetzt werden können. Hierbei spielen Technologietransferzentren eine zentrale Rolle. Diese installieren und betreiben Pilotanlagen, auf denen zwar nur geringe Mengen produziert werden, die aber im Unterschied zum Labor bereits industrielle Fertigungsprozesse und -standards einsetzen. Das 2016 eröffnete Coating Competence Center in Dübendorf ist ein solches Technologietransferzentrum. Doch es bedarf mehr als nur eines solchen Zentrums in der Schweiz.

## Zentrum für den 3D-Druck

In 2019 hat die Empa im Auftrag des Bundes die Initiative zum schweizweiten Aufbau von Advanced Manufacturing Technology Transfer Centers (AM-TTC) gestartet. Im Rahmen der Initiative wurden 2019 mit Geldern des ETH-Rats bereits zwei neue Technologietransferzentren als Public-Private Partnerships eröffnet. Eines davon, das Swiss m4m Center für 3D-gedruckte medizinische Implantate, hat die Empa zusammen mit drei weiteren Partnern aus Wissenschaft und Industrie gegründet. Mittlerweile

sind mehr als 30 Partner eingestiegen. Sie tragen mit finanzieller Unterstützung, mit In-Kind-Leistungen und Know-how dazu bei, im Swiss m4m Center eine Pilotproduktionsanlage für medizinische Implantate aufzubauen.

Das Zentrum und seine Partner wollen den 3D-Druck so weit bringen, dass patientenspezifische, innovative Implantate schnell und kostengünstig entwickelt und hergestellt werden können. Ziel ist eine bessere Behandlung und Versorgung der Patienten, ohne dabei Kompromisse bei Qualität oder Zuverlässigkeit einzugehen. Daher wird das Zentrum alle Entwicklungs- und Herstellungsschritte qualifizieren und validieren und in ein nach ISO 13485 zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem integrieren.

Gleichzeitig hat das Zentrum die Aufgabe, die 3D-Druck-Technologie nicht nur für die grossen Medtech-Firmen, sondern auch für KMU zugänglich zu machen. Dies ist für den Industriestandort Schweiz mit seinen zahlreichen KMU im Bereich der Medizintechnik ein wichtiger Faktor, um die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen auch in Zukunft sicherzustellen. //



Beispiel einer 3D-gedruckten Verstärkungsplatte für die Aufnahme einer künstlichen Hüftgelenkspfanne bei komplexen Beckenfrakturen. Foto: Swiss m4m Center

# Ein Leuchtturm für den Weg in die Zukunft

Reto Largo, reto.largo@empa.ch

---

**N**EST hat 2019 eine weitere wegweisende Ergänzung erhalten: Wie eine grosse Himmelslaterne schwebt die neueste Unit «DFAB HOUSE» auf der obersten Geschossplatte des modularen Forschungs- und Innovationsgebäudes. Im NEST verwirklichen Forschende und Unternehmen gemeinsam neue Ideen in realen Bauprojekten.

«DFAB HOUSE» wurde Ende Februar 2019 im Beisein von Bundesrat Guy Parmelin feierlich eröffnet und steht für den digitalen Wandel im Baubereich. Das dreistöckige «Haus» wurde nicht nur komplett digital geplant, sondern – mit Robotern und 3D-Druckern – auch weitgehend digital gebaut. Für den Bau der Unit haben Forschende aus acht Professuren der ETH Zürich im Rahmen des Nationalen Forschungsschwerpunkts (NFS) «Digitale Fabrikation» zusammen mit Industriepartnern mehrere digitale Bautechnologien erstmals vom Labor in reale Anwendungen überführt. Die digitalen Technologien haben zum Ziel, das Planen und Bauen nicht nur effizienter, sondern auch nachhaltiger zu machen.

## Neue Möglichkeiten im Leichtbau

Im Sommer 2019 erfolgte der Baustart für die siebte NEST-Unit: «HiLo» will auf eindrückliche Weise die Möglichkeiten im

Leichtbau demonstrieren. Als Forschungspartner ist wiederum die ETH Zürich an Bord. Zum Einsatz kommen neue Schalungskonzepte, neue Leichtbau-Bodenkonzepte und adaptive Fassadenelemente.

Im Rahmen des «Energy Hub» (ehub; siehe Seite 28) und des «Digital Hub» (dhub; siehe Seite 30) kamen im letzten Jahr mehrere Projekte zum Abschluss, die sich unter anderem mit dem Einsatz von künstlicher Intelligenz (KI) bei der Steuerung und Regelung von Gebäudetechnik, aber auch mit der Vernetzung von Live-Daten und digitalen Modellen zur besseren Planungsgrundlage beschäftigten. Eawag-Forschende haben sich im Water Hub letztes Jahr bei der Grauwasseraufbereitung intensiv mit Aktivkohlefiltern als zweite Behandlungsstufe auseinandergesetzt. Das Ziel ist, organische Stoffe zu entfernen. Zudem wurde Ende 2019 ein erstes Exemplar der neuen No-Mix-Toilette «Save!» im NEST eingebaut. Diese erlaubt es, Urin separat zu sammeln und aufzubereiten.

## Know-how-Transfer im Fokus

Neben den Bau- und Forschungsprojekten hat im letzten Jahr erneut der Know-how-Transfer und die Vernetzung eine wesentliche Rolle gespielt. Weit über

10 000 Besucherinnen und Besucher haben sich im NEST auf Führungen oder an Events inspirieren lassen. An Fachseminaren – etwa zum Thema Kreislaufwirtschaft – erfuhren Baufachleute, wie die im NEST umgesetzten Ideen auch in ihrem eigenen Berufsalltag Einzug halten könnten. Es konnte eine Reihe von neuen Partnern gewonnen werden, die sich sowohl in den bestehenden als auch in den kommenden Units einbringen. Gerade das Konzept der Unit «Solare Fitness & Wellness» traf beispielsweise auf das Interesse von mehreren grossen Hotel- und Wellnessbetreibern.

## Drei weitere Auszeichnungen

2019 durfte NEST gleich drei Preise entgegennehmen. Zu Beginn des Jahres prämierte das Bundesamt für Energie (BFE) an der Verleihung des Watt d'Or NEST mit dem Spezialpreis Transition. Im Juni folgte der Building Award in der Kategorie «Forschung und Entwicklung». Und schliesslich war die NEST-Unit «Urban Mining & Recycling» unter den Preisträgern des internationalen Wettbewerbs «beyond bauhaus – prototyping the future». Das Konzept der kreislaufgerechten Wohnung setzte sich dabei gegen rund 1500 Bewerbungen aus 50 Ländern durch. //





Die NEST-Unit «DFAB HOUSE» bei Nacht. Foto: Roman Keller

# Schritt für Schritt zu mehr Wasserstofftankstellen

Adrian Gonzalez, [adrian.gonzalez@empa.ch](mailto:adrian.gonzalez@empa.ch)

---

Die Wasserstoffmobilität in der Schweiz nimmt Fahrt auf. Einen wichtigen Grundstein dazu legte der Mobilitätsdemonstrator «move», den die Empa mit Unterstützung des Bundesamts für Energie (BFE) und verschiedenen Industriepartnern vor gut vier Jahren in Dübendorf eröffnet und seither kontinuierlich weiterentwickelt hat. Ziel ist nichts weniger als die Dekarbonisierung der Mobilität – dank erneuerbarer Elektrizität, Wasserstoff und synthetischer Treibstoffe wie Methangas.

Mit der Unterstützung des Bundesamts für Energie (BFE), H2 Energy und Hyundai sind in den letzten Jahren schweizweit die beiden ersten 700-bar-Wasserstofftankstellen für Personenwagen entstanden; die erste Ende 2016 im «move», kurz danach die zweite im aargauischen Hunzenschwil, erstellt durch Coop und H2 Energy.

## Ziel: Ein flächendeckendes

### H<sub>2</sub>-Tankstellennetz

Auf den Aufbau und dem Pionierbetrieb dieser beiden Wasserstofftankstellen und der begleitenden Forschung folgten verschiedene Initiativen zum Ausbau der Wasserstoffmobilität in der Schweiz. So gab Hyundai bekannt, in den kommenden Jahren insgesamt 1000 Brennstoffzel-

len-Lastwagen in die Schweiz zu liefern. Ausserdem wurde der Förderverein «H2 Mobilität Schweiz» gegründet, der durch H2 Energy beraten wird. Sein Ziel ist ein flächendeckendes Wasserstofftankstellennetz in der Schweiz. Die Erkenntnisse aus den ersten Betriebsjahren der beiden Wasserstofftankstellen sind für den Aufbau dieses Netzes von hohem Nutzen. Auf nationaler und internationaler Ebene stellten sich Fragen bezüglich der Eichfähigkeit und der Messung der Qualität an Wasserstofftankstellen. Im Rahmen eines europäischen Projekts hat das Eidgenössische Institut für Metrologie (METAS) deshalb eine neue Eichvorrichtung entwickelt und an der H<sub>2</sub>-Tankstelle des «move» ausgetestet. Die Empa hat parallel dazu das Strömungs- und Temperaturverhalten bei der Betankung in den H<sub>2</sub>-Druckgasflaschen detailliert untersucht. Die Ergebnisse dienen dazu, den Betankungsvorgang weiter zu optimieren.

### Leitfaden für Genehmigungsverfahren

Der Genehmigungsprozess für Wasserstofftankstellen ist komplex und es gibt in der Schweiz bis dato nur wenig Erfahrung dazu – sowohl seitens Anlageplanung wie auch seitens Bewilligungsbehörden. Deshalb erarbeitete die Empa zusammen mit betroffenen Fachstellen und Behörden

einen Leitfaden zum Bau von Wasserstofftankstellen, den die Schweizerische Normen-Vereinigung (SNV) vor kurzem als «Schweizer Guideline SNG 10 000:2019» veröffentlicht hat. Schritt für Schritt schlüsselt der Leitfaden auf, welche Behörden und Organisationen in den Genehmigungsprozess in der Schweiz einbezogen werden sollen und worauf bei Planung und Bau geachtet werden muss. Dazu liefert er eine Übersicht über die einschlägigen nationalen und internationalen Gesetze, Richtlinien und Normen. //



Im Mobilitätsdemonstrator «move» an der Empa in Dübendorf kann seit 2015 Wasserstoff getankt werden.

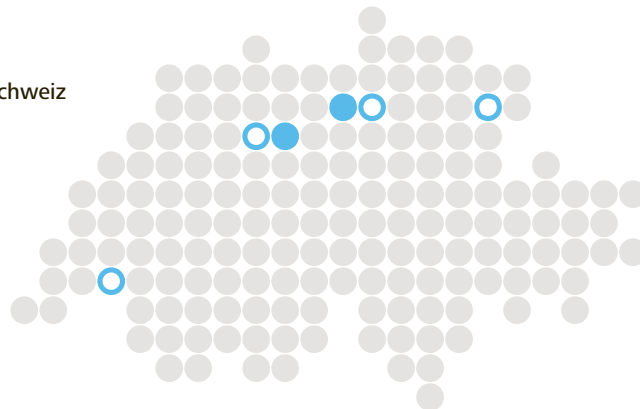
## H<sub>2</sub>-TANKSTELLEN in der Schweiz

### ● TANKSTELLEN in Betrieb

Coop, Hunzenschwil (AG)  
Empa, Dübendorf (ZH)

### ○ TANKSTELLEN in Planung

Agrola, Zofingen (AG)  
Avia, St.Gallen (SG)  
Coop, Crissier (VD)  
Coop, Dietlikon (ZH)



Quelle: Förderverein H<sub>2</sub> Mobilität Schweiz, Oktober 2019

Das Energiesystem in der Schweiz und in ganz Europa ist im Umbruch. Die politischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen ändern sich, gleichzeitig wird intensiv an neuen Technologien zur Bereitstellung, Speicherung und Umwandlung von Energie geforscht. Die Digitalisierung leistet einen wesentlichen Beitrag dazu, dass Sektoren, die früher unabhängig voneinander funktionierten, enger zusammenrücken und dass Daten zur Verfügung stehen, um Gebäude, Quartiere, Städte und ganze Länder energetisch optimieren zu können. Das Ziel ist nichts weniger als die Dekarbonisierung der Energie.

An der Empa widmet sich unter anderem der Energy Hub – kurz ehub – diesem Ziel. Der ehub ist eine Forschungsplattform für das Energiemanagement im Quartier. Er nutzt die beiden Demonstratoren NEST (Seite 24) und move (Seite 26), um die Energieflüsse in und zwischen Gebäuden mit den Energieflüssen in der Mobilität zu koppeln und zu optimieren. Mit jeder neuen NEST-Unit erhält der ehub ein neues «Gebäude», das ins Energiesystem integriert wird.

Doch es geht noch weiter: Gemeinsam mit der ETH Zürich und dem Paul Scherrer Institut (PSI) hat das ehub-Team 2019 das Projekt «ReMaP» gestartet. «ReMaP» steht

für «Renewable Management and Real-Time Control Platform» und soll die bestehenden Demonstrationsprojekte der beteiligten Institutionen zusammenführen.

### **Weniger Energieverbrauch dank künstlicher Intelligenz**

2019 kamen gleich mehrere Forschungsprojekte im ehub zum Abschluss. Unter anderem konnte das ehub-Team nachweisen, dass der Einsatz von Machine Learning zur Steuerung von Gebäudetechnik zu markanten Energieeinsparungen führen kann. Konkret haben die Forschenden einen vorausschauenden Kühl- und Heizregler entwickelt und erstmals in der NEST-Unit «Urban Mining & Recycling» im Sommer 2019 eingesetzt. Das bewohnte Appartement verfügt über zwei identische Schlafzimmer. In den beiden Zimmern sollte die Temperatur tagsüber 25 °C, nachts 23 °C nicht überschreiten. Ein herkömmliches Thermostatventil sorgte für die Kühlung im einen Zimmer, während im anderen die experimentelle Steuerung arbeitete, die das ehub-Team entworfen hatte. Die künstliche Intelligenz war dabei mit Daten der letzten zehn Monate gefüttert worden – und sie kannte die aktuelle Wettervorhersage von MeteoSchweiz. Das Ergebnis fiel überaus deutlich aus: Die intelligente Heiz- und

Kühlsteuerung hielt sich deutlich genauer an die Komfortvorgaben und brauchte hierfür rund ein Viertel weniger Energie.

In einem nächsten Versuch soll dieser Regler nun in einem Mehrfamilienhaus eingesetzt werden. Gleichzeitig wird weiterentwickelt: Der Heizregler wird mit der Batterie eines Elektrofahrzeugs gekoppelt, die als flexibler Speicher fungiert. Die Frage, wie sich die verschiedenen Energiebedürfnisse aufeinander abstimmen lassen, stellt sich das ehub-Team auch in anderen Projekten. Zusammen mit dem Start-up Aliunid untersuchen die Forschenden etwa, wie flexibel ein Quartier mit fluktuierender Energie umgehen kann, um damit möglichst auch dem gesamten Energienetz zu dienen.

### **Austausch Forschung und Wirtschaft**

Neben regulatorischen Änderungen wird der Umbau unseres Energiesystems stark davon abhängen, wie neue Technologien und Systeme durch die Industrie aufgenommen und auf den Markt gebracht werden. Diesem Umstand trug das ehub-Team 2019 Rechnung, indem es die Fachtagung «Dekarbonisierung des Energiesystems» initiierte. Rund 120 Fachleute aus der Industrie tauschten sich dabei im Juli mit den Energie-Expertinnen und -Experten der Empa aus. //





Das künftige Energiesystem vernetzt Technologien, Energieträger und Sektoren. Bild: ikonaut

Der «Digital Hub» (dhub) ist die jüngste Demonstrationsplattform auf dem Empa-Campus. Er stellt die digitale Ebene der weiteren Demonstratoren NEST (siehe Seite 24), move (siehe Seite 26) und ehub (siehe Seite 28) dar und verbindet Gebäude, Mobilität und Energiesystem virtuell miteinander. Die Daten aus den drei Bereichen sollen sektorenübergreifend und in Echtzeit zur Verfügung stehen und die Basis liefern, um neue Produkte und Dienstleistungen für Smart Cities und Smart Communities zu entwickeln und zu validieren.

Wie die anderen Demonstratoren auf dem Empa-Campus ist auch der dhub als Plattform zu verstehen, auf der Unternehmen gemeinsam mit Forschenden neue digitale Ideen in einem realen Umfeld und ohne Risiken erstmals umsetzen und weiterentwickeln können. Autodesk Research nutzte 2019 beispielsweise diese Möglichkeit, um das Produkt «Dasher 360» weiterzubringen. Die Software verknüpft 3D-Modelle mit Live-Daten, die im Beispiel von NEST von mehr als 700 verbauten Sensoren und Aktoren anfallen. Dadurch erhält der Gebäudebetreiber bessere Entscheidungsgrundlagen und kann gezieltere Massnahmen zur Optimierung der Anlagesteuerungen oder zum Unterhalt des Gebäudes ergreifen.

Autodesk hat NEST in die weltweit verfügbare Demoversion ihres Produkts «Dasher 360» integriert und hat diese an zahlreichen nationalen und internationalen Konferenzen vorgestellt.

## **Einheitliche Sprache und Methodik**

Auch die Initiative «bauen digital Schweiz» nutzt das digitale NEST-Modell. Ziel ist es, anhand konkreter Anwendungsszenarien eine gemeinsame Methodik für das digitale Planen und Betreiben von Gebäuden zu etablieren. Dabei geht es in erster Linie um ein einheitliches Verständnis der Abläufe und eine gemeinsame Sprache innerhalb der gesamten Bau- und Immobilienwirtschaft. Auch für den Bau von zukünftigen oder den Umbau von bestehenden NEST-Units wird auf das 3D-Modell zurückgegriffen. Im Fall der Unit «HiLo», deren Baustart im Sommer 2019 erfolgte, werden erstmals sämtliche Leitungsrohre mit Hilfe des Modells vorfabriziert. Dies erlaubt einen schnelleren und günstigeren Bauverlauf. Partner in diesem Bereich ist das Unternehmen Bouygues Energies & Services Schweiz.

Mit dem gleichen Partner wird am Beispiel der «HiLo»-Baustelle eine weitere grosse Herausforderung im Baubereich adressiert: die Zusammenarbeit in dezentralen Teams. Mit einem sogenannten

BIM Room (BIM steht für «Building Information Modelling») in Baustellennähe und weiteren digitalen Hilfsmitteln direkt auf der Baustelle soll eine lückenlose digitale Planung und Ausführung ermöglicht werden.

## **Betriebsoptimierung durch Machine Learning**

Viele Projekte im dhub sind eng verflochten mit den Aktivitäten im Energy Hub (ehub; siehe Seite 28). Gerade bei der Steuerung von Energieflüssen eröffnet die Digitalisierung vollkommen neue Möglichkeiten. Die ständige Verfügbarkeit von sowohl historischen als auch aktuellen Daten und der Einsatz von künstlicher Intelligenz lassen beispielsweise lernfähige Steuerungen zu. Unter Einbezug der realen Infrastruktur des ehubs haben Empa-Forschende im letzten Jahr mehrere Projekte zur erfolgreichen Betriebsoptimierung mit Hilfe von Machine Learning durchgeführt. //



Live-Daten im 3D-Modell: Im virtuellen NEST stehen die Daten der über 700 Sensoren und Aktoren in Echtzeit zur Verfügung. Bild: Dasher 360







## 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.

# Die Faszination des Limits: Materialforschung auf der Nanoskala

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

**E**in Nanometer – sprich 0,000 000 001 Meter oder die Länge von sechs Kohlenstoffbindungen – ist der Massstab, auf dem die moderne Materialwissenschaft nach neuen physikalischen Effekten sucht und die Eigenschaften von Materialien detaillierter verstehen, beeinflussen und verbessern will. Forschen im Nanometerbereich heisst letztlich mit atomarer Präzision arbeiten, sei es in der Synthese oder bei der Charakterisierung des Aufbaus der Materialien.

## Superfluoreszenz – nur dank Perfektion möglich

Fluoreszierende Materialien emittieren spontan Licht, wenn sie von einer externen Lichtquelle, etwa einem Laser, angeregt werden. Sind verschiedene Fluoreszenzquellen miteinander synchronisiert, spricht man von Superfluoreszenz, was zu einer deutlich stärkeren Lichtemission führt. Dafür müssen die Emittoren indes gewisse Anforderungen erfüllen. So muss etwa die Wellenlänge der Emission identisch sein; zudem ist eine hohe Kopplungsstärke notwendig. Ideale Bausteine für superfluoreszierende Materialien sind Nanokristalle. Diese fluoreszieren mit einer ganz bestimmten Wellenlänge, die allerdings grössenabhängig ist. Zur Erzeugung der Superfluoreszenz benötigt

man monodisperse Nanokristalle, die also eine sehr kleine Grössenvariation aufweisen und die man eng miteinander verkoppelt, sprich: zu einem makroskopischen «Kristall» zusammenführt. Genau dies gelang einem Forscherteam der Empa und der ETH Zürich um Maksym Kovalenko in Zusammenarbeit mit dem IBM-Forschungslabor in Rüschlikon. Sie synthetisierten Perowskit-Nanokristalle mit einer Kantenlänge von 9,5 nm und einer Abweichung von unter 5 Prozent (also weniger als ein halber Nanometer!). Durch Selbstorganisation fügten sie die Nanokristalle zu einem «Kristall» zusammen, an dem das superfluoreszierende Verhalten erstmals bei einem Festkörper beobachtet werden konnte. Das kontrollierte Erzeugen von Superfluoreszenz und dem entsprechenden Quantenlicht könnte neue Möglichkeiten in der Quanteninformatik, der Quantensensorik und der quantenverschlüsselten Kommunikation eröffnen.

## Ferroelektrizität: Wenn 20 Pikometer den Unterschied ausmachen ...

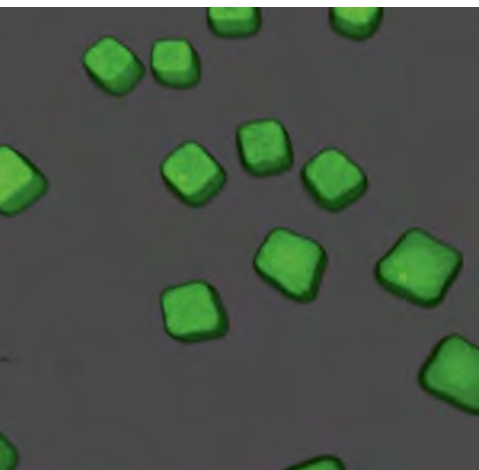
Ferroelektrische Materialien weisen bereits ohne ein äusseres elektrisches Feld eine spontane elektrische Polarisation auf. Über ein äusseres elektrisches Feld lässt sich die Richtung der spontanen Po-

larisation ändern. Ferroelektrika besitzen in der Regel eine hohe bis sehr hohe relative Permittivität ( $\epsilon_r$ ), weshalb sie als dünne Schicht in der Halbleitertechnik als sogenannte FeRAM-Speicher (ferroelektrisches «Random Access Memory») interessant sind. Im Gegensatz zu den heute eingesetzten DRAM (Dynamic RAM) verlieren FeRAMs ihren Ladungszustand nicht. Eine spezielle Klasse unter den ferroelektrischen Materialien sind «unübliche» Ferroelektrika, in denen Sekundäreffekte wie Gitterverzerrungen die primären Ordnungsparameter der Polarisation beeinflussen. Diese Sekundäreffekte können den ferroelektrischen Zustand verstärken und stabilisieren. Hexagonales Yttrium-Mangan-Oxid ( $\text{YMnO}_3$ ) ist ein unübliches ferroelektrisches Material, dessen Sekundäreffekte durch kleine geometrische Effekte im Kristallgitter hervorgerufen werden. Ein Empa-Forscherteam um Marta Rossel hat zusammen mit Forschenden der ETH Zürich das ferroelektrische Verhalten von Dünnschichten aus  $\text{YMnO}_3$  untersucht und festgestellt, dass die Phasenübergangstemperatur stark von der Schichtdicke abhängt. Während sie für das Vollmaterial 986 °C beträgt, liegt sie für Schichten von 10 bis 100 nm Dicke zwischen 250 °C und 670 °C. Die mit abnehmender Schichtdicke abneh-



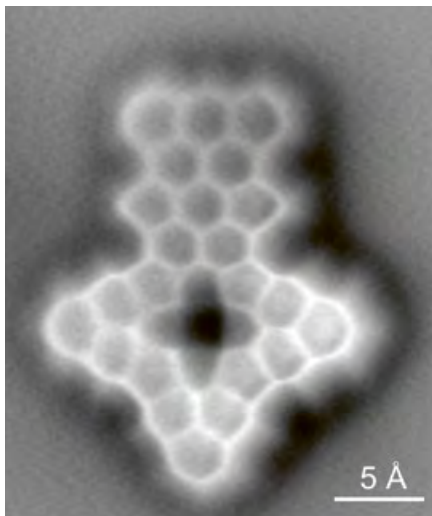
1

Superfluoreszierende «Kristalle» aus Perowskit-Nanokristallen ( $\text{CsPbBr}_3$ ), die mit violettem Licht bei 405 nm Wellenlänge angeregt wurden. Bild: 3D-konfokalmikroskopische Photolumineszenzaufnahme (ETH Zürich; ScopeM)



2

«Non-contact»-Rasterkraftmikroskop-Aufnahme, die dank einer mit einem CO-Molekül funktionalisierten AFM-Spitze nebst den einzelnen Atomen auch die Atombindungen in einer Porphyrin-Nanographen-Hybridstruktur ( $\text{C}_{38}\text{H}_{18}$ ) sichtbar macht. ( $5 \text{ \AA} = 0.5 \text{ nm}$ )



2

mende Phasenübergangstemperatur kann durch den Depositionsprozess induzierten mechanischen Spannungen in der Schicht zugeordnet werden. Im Rahmen dieser für technologische Anwendung wichtigen Erkenntnis haben die Forschenden auch die Strukturänderungen beim Phasenübergang untersucht. Mittels höchstauflösender Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) konnten sie nachweisen, dass der Phasenübergang von ferro- zu paraelektrisch durch einen (sehr) kleinen Unordnungseffekt der Yttrium-Atome verursacht wird. In der paraelektrischen Phase sind die Yttrium-Atome nicht mehr an ihren Gitterpunkten geordnet, sondern in der Polarisationsrichtung stochastisch um 20 Pikometer (= 0.02 Nanometer) um diese verschoben. Diese Beobachtung des Ordnungs-Unordnungs-Übergangs ist ein wichtiger Schritt, um das Verhalten von unüblichen Ferroelektrika besser zu verstehen.

#### CO-Molekül zur besseren Bildauflösung

Mit der Erschliessung des Nanomasstabs in der Materialforschung wurden auch die analytischen Methoden zur chemischen und strukturellen Charakterisierung der Materialien immer weiter entwickelt mit dem Ziel, eine atomare Auflösung zu erzielen. Insbesondere bei den bildge-

benden Methoden wie TEM und der Rastersondenkraftmikroskopie (AFM, «Atomic Force Microscopy») wurden in den letzten fünf Jahren grosse Fortschritte erzielt. Wie erwähnt lassen sich mit TEMs der jüngsten Generation Struktureffekte im Bereich von 20 Pikometer nachweisen. Beim AFM war es neben der kontinuierlichen Geräteentwicklung ein Trick, der zur drastischen Verbesserung der Auflösung führte. Der Trick, erstmals angewendet am IBM-Forschungslabor in Rüschlikon, bestand darin, die bereits sehr scharfe AFM-Spitze zusätzlich mit einem CO-Molekül zu funktionalisieren, was zu einer noch höheren Sensitivität der Spitze führt, insbesondere für Kohlenstoffbindungen, die stark mit dem CO-Molekül wechselwirken. Bei organischen Molekülen sowie bei Graphen-Nanostrukturen kann man auf diese Weise nicht nur Atome, sondern auch die Atombindungen abbilden, was zu einer atemberaubenden Auflösung führt. Die AFM-Aufnahme einer Porphyrin-Nanographen-Hybridstruktur ist von einer Computergaphik kaum noch zu unterscheiden. Derartige Graphen-Nanostrukturen können, obwohl sie ausschliesslich aus Kohlenstoff bestehen, sogar magnetisch sein, wie ein Empaforscherteam um Roman Fasel dank des CO-Tricks nachweisen konnte. //

# Forschen für mehr Sicherheit und Komfort

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

Dr. Moslem Shahverdi, moslem.shahverdi@empa.ch

Dr. Christoph Czaderski, christoph.czaderski@empa.ch

Dr. Armin Zemp, armin.zemp@empa.ch

Die Forschung an der Empa über unsere gebaute Infrastruktur reicht von der Entwicklung funktionaler Materialien bis hin zum Entwurf fortschrittlicher Systeme und deren Integration in Gebäude und Strukturen. Zentrale Themen sind die Minimierung des ökologischen Fussabdrucks – bei gleichem oder sogar verbessertem Komfort und höherer Sicherheit, wie die folgenden Beispiele zeigen.

## Verlängerte Lebensdauer für Gebäude – dank «Memory-Steel»

Ändern sich bei Gebäuden oder Brücken die Anforderungen, etwa durch eine höhere Verkehrsbelastung, oder sind sie in einem schlechten Zustand, zum Beispiel durch Korrosion, dann müssen sie saniert beziehungsweise verstärkt werden. In verschiedenen Forschungsprojekten hat die Firma re-fer AG gemeinsam mit der Empa eine neue Methode zur Verstärkung von Stahlbetonbauten und -brücken ausgearbeitet, bei der an der Empa entwickelter «Memory-Steel» zum Einsatz kommt.

Dieser Stahl mit Formgedächtnis wurde in einem Innosuisse-Projekt zur Schubverstärkung von T-Trägern aus Stahlbeton im 1:1-Massstab angewendet. Dabei zeigte sich, dass U-förmige, gerippte und in eine Mörtelschicht eingebettete

Stangen aus dem neuartigen Stahl bestehende Strukturen sehr effizient verstärken. Die erste Anwendung des Systems erfolgte 2019 im Kurtheater in Baden, dessen Stahlbetonträger entsprechend verstärkt wurden – ein wesentlicher Meilenstein für die Markteinführung.

Ein aktuelles Projekt, das vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF) unterstützt wird, untersucht den Verbund von Rippenstahlstäben in zementbasiertem Mörtel. Ergebnisse aus diesem Projekt unterstützen vor Kurzem die Arbeiten an einer einzigartigen nachträglichen Verstärkung auf dem Jungfrauoch in den Berner Alpen. Seit 1912 macht eine Bahn das hochalpine Gebiet auf knapp 3500 Metern für Touristen zugänglich; die Verlängerung des Bahnsteigs machte Verstärkungsarbeiten am bestehenden Gewölbe nötig. Dabei haben re-fer und die beteiligten Ingenieurbüros WaltGalmarini AG und B+S







Verstärkungsarbeiten mit «Memory-Steel» an einem bestehenden Gewölbe der Jungfraubahn. Mittels Gasflamme wird die Formgedächtnislegierung aktiviert und der Stahl so vorgespannt. Bilder: re-fer, iStockphoto

Ingenieure ebenfalls gerippte «Memory-Steel»-Stangen in eine Spritzmörtelschicht des Gewölbes eingebettet.

### **Faserverstärkte Polymere für leichtere und leisere Güterwagen**

Immer mehr Menschen sind Tag und Nacht von Verkehrslärm betroffen. Gerade Bahnlärm ist oft eine grosse Belästigung. Ein vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) finanziertes Projekt untersuchte daher, ob Radsätze aus faserverstärkten Kunststoffen (FRP, «fibre-reinforced polymers») bei Zügen den Lärm mindern könnten. FRP zeigen in Faserrichtung ein erheblich besseres Verhältnis von Festigkeit und Gewicht und haben daher im Vergleich zu konventionellen Materialien oft deutlich bessere mechanische Eigenschaften. Zusammen mit PROSE, Carbo-Link und SBB Cargo haben Empa-Forschende die Machbarkeit des Einsatzes von GFK-Verbundwerkstoffen zur Herstellung eines potenziell leiseren Radsatzes untersucht. Neben der Lärmreduktion würde ein solcher Radsatz aus FRP auch zu Gewichtseinsparungen führen – was weitere Vorteile mit sich brächte, etwa eine höhere Geschwindigkeit, reduzierter Stromverbrauch, geringere Trägheit, weniger Gleisverschleiss und höhere Nutzlasten.

Zur Analyse der strukturellen Integrität eines Radsatzes aus FRP dienten Finite-Elemente-Computermodelle in 3D. Parallel dazu wurde die Schallemission des neu entworfenen Radsatzes mit einem konventionellen Stahlradsatz verglichen. Die Ergebnisse zeigen, dass der neue FRP-Radsatz den maximal zulässigen mechanischen Belastungen standhält, rund 40 Prozent leichter ist als der konventionelle Stahlradsatz und die Rollgeräusche um ca. 2,8 dB(A) reduzieren konnte. //

# Sensorentwicklung für eine nachhaltige Zukunft

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

Um das 2°C-Ziel des Pariser Klimaabkommens erreichen zu können, müssen wir unsere Treibhausgasemissionen erheblich reduzieren. Dafür sind völlig neue Konzepte und Strategien notwendig. Selektive und hochpräzise Sensoren können beispielsweise – auf unbemannten Drohnen eingesetzt – unbekannte, diffuse Emissionen aufspüren und entsprechende technische und politische Reduktionsmassnahmen auslösen. Verlässliche Sensoren sind aber auch essenziell für künftige autonome Fahrzeuge, einerseits, um deren Sicherheit zu gewährleisten, aber auch, um die Emissionen zu senken. Empa-Forschende liefern mit innovativer Messtechnik, Sensorik und umfassender Datenanalyse hierfür die technischen Grundlagen.

## Methan-Quellen aufspüren

Der Einsatz unbemannter Luftfahrzeuge (UAV) als mobile Plattformen für die Messung atmosphärischer Spurengase liefert wertvolle Informationen über die räumliche und zeitliche Variabilität, und dies erst noch in einem Detaillierungsgrad, der mit traditionellen, stationären Messnetzen nicht erreichbar ist. Methan ist von besonderem Interesse, weil es das zweithäufigste anthropogene Treibhausgas ist

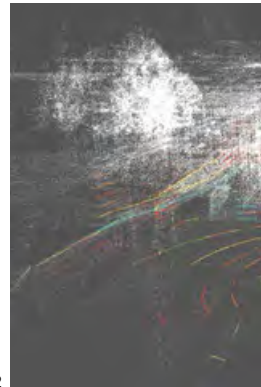
und zudem eine entscheidende Rolle in der Chemie der Erdatmosphäre spielt.

Empa-Forschende haben ein leichtes und robustes Laserspektrometer zur hochpräzisen Messung der atmosphärischen Methankonzentration entwickelt. Das Messgerät basiert auf einem Quantenkaskadenlaser und einer zirkulären, segmentierten Mehrwegzelle mit einer optischen Weglänge von insgesamt zehn Metern. Dieses innovative Zellendesign ist äusserst kompakt, erreicht minimales optisches Rauschen und garantiert eine ausgezeichnete mechanische Stabilität. Verglichen mit traditioneller Laserspektroskopie von Spurengasen im mittleren Infrarot wurden die Dimension, das Gewicht und der Stromverbrauch dieses Sensors nahezu 100-fach reduziert. Das Gerät wiegt weniger als zwei Kilogramm und erreicht trotzdem eine Präzision von unter 1 ppb (bei typischen Methankonzentrationen in der Umgebungsluft von ca. 2000 ppb). Modernste Elektronik erlaubt die Ermittlung von mehreren Tausend hochaufgelösten Absorptionsspektren pro Sekunde, kabellose Datenübertragung und die Visualisierung der Messdaten in Echtzeit. Das Gerät kam bereits bei zahlreichen Feldexperimenten auf einer kommerziellen Drohne in verschiedenen europäischen Ländern zum

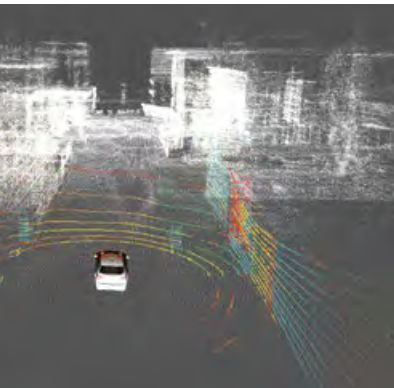


**1**  
Ein Quantenkaskadenlaser-Spektrometer zur Methanmessung auf einer Drohne. Dieses hochpräzise Instrument ist leicht, empfindlich und schnell genug, um Treibhausgasemissionen aus natürlichen und künstlichen Quellen zu erfassen und zu quantifizieren.

**2**  
Visualisierung der Sensordaten eines autonomen Fahrzeugs: So «sieht» das Auto seine Umgebung auf dem Empa-Campus.



2



Einsatz. Die Resultate illustrieren das Potential dieses einzigartigen Instruments zur Identifizierung, Charakterisierung und Quantifizierung natürlicher und anthropogener Methanquellen.

### **Selbstfahrende Autos sicherer und umweltfreundlicher machen**

Selbstfahrende, automatisierte Fahrzeuge könnten ein besseres und nachhaltigeres urbanes Mobilitätssystem ermöglichen und dazu beitragen, schwere Unfällen im

Strassenverkehr zu vermeiden oder zu reduzieren. Neben dem eigentlichen «motion planning» der Fahrzeuge spielt die Sensorik eine zentrale Rolle. Diese übernimmt in selbstfahrenden Autos die Funktion der Augen des Fahrers bzw. der Fahrerin. Wie das menschliche Auge werden auch Sensoren von realen Bedingungen wie Gegenlicht, Dunkelheit, Materialien, Oberflächen und Witterung beeinflusst, unterliegen zudem aber auch technischen Beeinflussungen wie Verschmutzung, Störungen, Alterung oder Beschädigung. Schliesslich sollte auch eine (absichtliche) Manipulation durch Dritte ausgeschlossen werden können.

In Zusammenarbeit mit verschiedenen Partnern – dem Bundesamt für Strassen (ASTRA), dem Swiss Competence Center

for Energy Research (SCCER) Mobility, der Innosuisse, der ETH Zürich, dem Eidgenössischen Institut für Metrologie (METAS), dem Touring Club Schweiz (TCS) und den Firmen AXA Versicherungen, Orthotec und Embotech, einem Start-up der ETH Zürich – haben Empa-Forschende mit einem Lexus erfolgreich erste Feldversuche auf dem Empa-Campus durchgeführt. Das Projektfahrzeug ist mit einem Radar, einem Lidar, einem GPS, einer Digitalkamera sowie einer Datenerfassung ausgerüstet und ermöglicht Untersuchungen zum Realverhalten sämtlicher Sensoren, insbesondere auch bei sich stark ändernden Umgebungsbedingungen. Der Einsatz von neuen, digitalen Datenauswertungsmethoden ermöglichte eine effiziente Analyse grosser Datenmengen. Das Ziel der Empa-Forschenden ist es, mit Feldversuchen die Anforderungen der Sensoren für selbstfahrende Autos zu entwickeln. //

# Energieforschung – nur Facts führen zu tragbaren Lösungen

Dr. Peter Richner, peter.richner@empa.ch  
Urs Elber, urs.elber@empa.ch

Die Veränderung des Klimas wird zunehmend offensichtlicher. Dies macht auch der Bevölkerung bewusst, dass sich unser Energiesystem zwingend verändern muss. Ein System, das sich über Jahrzehnte entwickelt und gefestigt hat – und nun grundsätzlich neu konzipiert werden sollte. Eine schwierige Aufgabe, kursieren doch sich teilweise widersprechende Informationen und Meinungen, die eine Entscheidungsfindung erschweren.

Hier muss die Forschung «Facts» liefern. Diese Fakten müssen aber erst erarbeitet werden. Das Energiesystem ist so komplex, dass es dazu neben der Entwicklung neuer Materialien, Technologien und Methoden auch systemische Analysen braucht. Die faktenbasierten Erkenntnisse müssen dann auf unterschiedlichen Kanälen an Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und nicht zuletzt die breite Öffentlichkeit kommuniziert werden, damit alle gesellschaftlichen Stakeholder miteinbezogen werden.

## Wissensaustausch zwischen Forschung und Wirtschaft

Die Empa hat 2019 sehr viel in diese Richtung unternommen. In unzähligen Vorträgen, Referaten, Workshops und Kursen und an vielen externen Veranstaltungen

vermittelten Empa-Forschende weit über den Hochschulbereich hinaus «live» Forschungsergebnisse und deren Konsequenzen und trugen so wesentlich zum Transfer dieser Erkenntnisse aus der Forschung bei. Einen besonderen Anlass stellte die Empa-Fachtagung «Energie und Dekarbonisierung» am 3. Juli 2019 dar. Vorträge aus Wirtschaft und Forschung und gemeinsame Workshops leisteten einen relevanten Beitrag zum Transfer der Erkenntnisse aus Forschung in die Wirtschaft. Umgekehrt verhilft das Feedback aus der Wirtschaft der Empa, die grosse Kreativität ihrer Forschenden gesellschaftlich nutzbar zu machen.

Welche Folgen der Ersatz von fossilen Energieträgern durch strombasierte Technologien haben wird, zeigte eine 2019 publizierte systemische Analyse auf, bei der die Auswirkungen einer zunehmenden Elektrifizierung von Gebäudewärme und Mobilität untersucht wurden. Basierend auf realen Daten zeigt sich, dass eine reine Transformation von fossilen Energieträgern auf Strom allein den CO<sub>2</sub>-Ausstoss nur leicht verringert. Es zeigt sich zudem, dass durch einen vermehrten Einsatz von Photovoltaik grosse Mengen an Strom importiert und exportiert werden müssen. Die Studie ging von der Annahme aus, dass 50 Prozent der



1



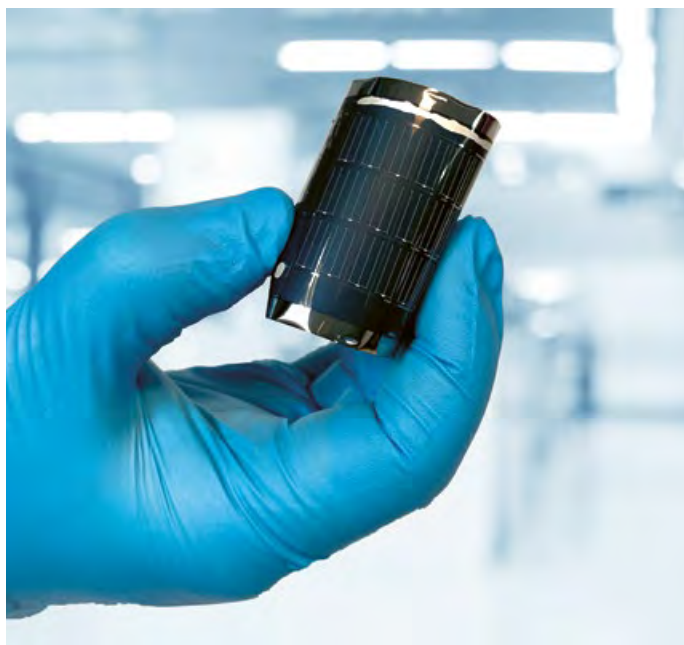


1

Eine kürzlich veröffentlichte Studie der Empa geht von der Annahme aus, dass 50 Prozent der möglichen Dachflächen in der Schweiz mit Solarzellen ausgerüstet werden.

2

Flexible Solarzelle mit noch nie erreichter Effizienz: Das Empa-Labor für Dünnschichten und Photovoltaik hat seinen eigenen Rekordwert gebrochen.



2

möglichen Dachflächen in der Schweiz mit Solarzellen ausgerüstet werden. Eine Folgestudie soll nun aufzeigen, wie sich der zusätzliche Verbrauch und die Gewinnung mit einem cleveren Verbrauchs-, Netz- und Speichermanagement auswirken und welche neuen Optionen sich dadurch ergeben.

### **Weltrekorde aus dem Empa-Labor**

Eins ist sicher: Ohne Solarenergie wird es nicht gehen; deshalb ist die Entwicklung von Technologien zum «Ernten» dieser Energie essenziell. Ein Empa-Team konnte 2019 einen (weiteren) grossen Erfolg verbuchen und ihren früheren Rekordwert zur Energiewandlungseffizienz weiter verbessern. Die Forschenden verbesserten den Wirkungsgrad der Energieumwandlung bei flexiblen, sogenannten CIGS-Solarzellen auf 20,8 Prozent, 0,4 Prozent über ihrem bisherigen Rekordwert. Die Technologie der Wahl ist Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid (CIGS), die die Herstellung von flexiblen, extrem leichten Solarzellen auf Polymerfolien ermöglicht. Leicht, günstig, effizient – damit dürfte die solare Zukunft ein grosses Stück realer werden. //

Wissenschaftliche Exzellenz in Materialforschung und Technologie ermöglicht die Entwicklung von neuen Materialien und Systemen für die Gesundheit und Leistungsfähigkeit des Menschen und begegnet damit dem steigenden Bedarf unserer Gesellschaft. Die neuartigen Materialien können für eine Vielzahl von Gesundheitsinnovationen im und am menschlichen Körper von Nutzen sein. Neue Konzepte der Präzisionsmedizin halten zunehmend Einzug in die klinische Routine und prägen die Entwicklung medizinischer Geräte. Innerhalb des Forschungsschwerpunkts «Gesundheit und Leistungsfähigkeit» – und in enger Zusammenarbeit mit klinischen Partnern – betreibt die Empa Spitzenforschung zu neuen Materialien und Systemen, die den menschlichen Körper unter verschiedensten Bedingungen schützen und unterstützen. Um dies zu erreichen, müssen die Forschenden die Wechselwirkungen zwischen Materialien und biologischen Systemen auf der Ebene von Molekülen, Bakterien, menschlichen Zellen und Geweben vom Nano- bis zum Makrobereich verstehen und steuern, wobei sie modernste, eigens entwickelte Analysegeräte einsetzen.

Alle Aktivitäten beruhen auf einer umfassenden und ganzheitlichen Betrachtung, von einzelnen Molekülen bis

hin zu komplexen Körperfunktionen. Dank ihrer gemeinsamen Sichtweise und Expertise in den Bereichen Materialsynthese, Materialverarbeitung, Bioanalytik, rechnergestützte Modellierung und Simulationen, Bioinformatik, Imaging- und Biowissenschaften sind sie eng miteinander verbunden.

### «Wearables»: Diagnostik zum Anziehen

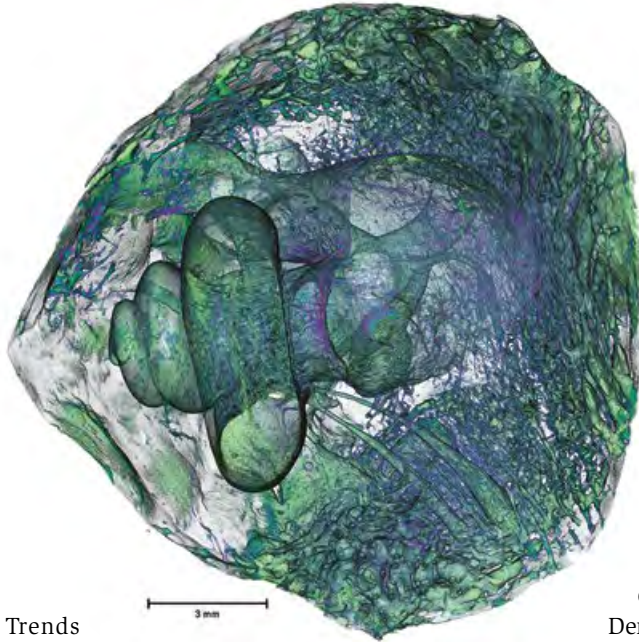
Die medizinische Langzeitüberwachung ist ein vielversprechender Ansatz für die Früherkennung und sogar für die Vorhersage künftiger Gesundheitsprobleme. Die Akzeptanz neuer Sensorsysteme durch die Patienten hängt jedoch in hohem Mass von der einfachen Handhabung, dem Tragekomfort und der Exaktheit der ermittelten Daten ab. Daher müssen die Sensorsysteme höchsten klinischen Anforderungen entsprechen. Die Empa entwickelt in Zusammenarbeit mit Klinikern und Mediziner\*innen tragbare Systeme für die langfristige, nichtinvasive Überwachung verschiedener physiologischer Funktionen. Gemeinsam mit dem Kantonsspital St. Gallen haben Empa-Forschende etwa einen textilen EKG-Sensor an 240 Patienten getestet und gezeigt, dass Patienten den Gurt auch zu Hause zur sicheren Diagnose einer Schlafapnoe nutzen können. Mehrere Industriepartner sind zurzeit da-

bei, das System zu kommerzialisieren, darunter auch der Empa-Spin-off «Nahtlos». Dank der finanziellen Unterstützung der Förderplattform STARTFELD wird das Jungunternehmen das EKG-Sensorsystem für die Diagnose von Herz-Kreislauf-Problemen auf den Markt bringen.

Die Empa entwickelt zudem Sensoren mit unterschiedlicher Makro- und Mikroarchitektur zur direkten Überwachung physiologisch relevanter Parameter. So entstanden zum Beispiel potentiometrische Sensoren und eine spezielle Elektronik, um die Früherkennung einer Schwangerschaftsvergiftung bei werdenden Müttern zu ermöglichen. Diese Technologie wird derzeit von «MOMM Diagnostics», einem weiteren Spin-off der Empa, eingesetzt, um eine Point-of-Care-Diagnose für eine verbesserte und wesentlich präzisere Überwachung von Risikoschwangerschaften zu ermöglichen mit dem Ziel, unnötige Spitalaufenthalte zu vermeiden.

### Behandlungen individualisieren

Um Patienten-spezifische – individualisierte – Gesundheitslösungen zu entwickeln, antizipieren die Forschenden der Empa zukunftsweisende Materialdesigns und -konzepte, indem sie ihr Fachwissen in den Materialwissenschaften mit neusten



Die otische Kapsel enthält die Cochlea, das menschliche Innenohr, das für die Umwandlung von Tönen aus mechanischen Vibrationen in elektrische Signale verantwortlich ist. Diese elektrischen Signale werden von hier über den Hör-Gleichgewichts-Nerv zum Gehirn geleitet. Die Anatomie ist in einem 3D-Modell aus mikrotomographischen Schnitten mit einer nominellen Auflösung von 12 µm rekonstruiert.

Trends  
in der

biomedizinischen

Forschung wie

Omics-Ansätze, Sensoren und Bildanalyse für ein ganzheitliches Verständnis der Wechselwirkungen von Zellen, Geweben oder des gesamten menschlichen Körpers mit neuartigen Materialien in biomedizinischen Anwendungen verbinden. Zu den aktuellen Aktivitäten in der Nanomedizin gehören etwa die theranostische magnetische Blutreinigung bei Blutvergiftungen und ein auf Nanopartikeln basierender Gewebekleber für die Behandlung komplexer Wunden.

### Wo Materialien und Biologie interagieren

Materialien, die nach einer Verletzung oder Erkrankung eine Zell- oder Gewebe-

regeneration hervorrufen oder den Bakterienbefall von Implantaten oder medizinischen Vorrichtungen verhindern können, sind ein weiterer Schwerpunkt der Empa-Forschung.

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 3D-Druck und anderen fortschrittlichen Produktionsverfahren hergestellt werden, Materialien für die Weichteilintegration oder -regeneration bis hin zu Materialien, die die Wundheilung optimieren und beschleunigen. Die interdisziplinären Forschungsteams der Empa nutzen Fachwissen aus allen Bereichen der Materialwissenschaften und kombinieren es mit ihrer biologischen Expertise, um das Verständnis der Reaktionen an der Schnittstelle von Material und lebenden Systemen zu fördern. Denn diese Schnittstellen entscheiden über die Wirksamkeit medizinischer

regeneration hervorrufen oder den Bakterienbefall von Implantaten oder medizinischen Vorrichtungen verhindern können, sind ein weiterer Schwerpunkt der Empa-Forschung. 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 3D-Druck und anderen fortschrittlichen Produktionsverfahren hergestellt werden, Materialien für die Weichteilintegration oder -regeneration bis hin zu Materialien, die die Wundheilung optimieren und beschleunigen. Die interdisziplinären Forschungsteams der Empa nutzen Fachwissen aus allen Bereichen der Materialwissenschaften und kombinieren es mit ihrer biologischen Expertise, um das Verständnis der Reaktionen an der Schnittstelle von Material und lebenden Systemen zu fördern. Denn diese Schnittstellen entscheiden über die Wirksamkeit medizinischer

Materialien, die mit Körperflüssigkeiten, menschlichen Zellen oder Geweben in Kontakt kommen.

### Den Therapieerfolg überwachen

Analytische und bildgebende Verfahren ermöglichen – in Kombination mit fortschrittlichen Informations- und Kommunikationstechnologien – die Sammlung und Analyse grosser Mengen gesundheitsrelevanter Daten. Dadurch lässt sich die medizinische Versorgung erheblich verbessern, etwa durch die Auswahl der bestmöglichen Therapie oder die Überwachung des Krankheits- bzw. Behandlungsverlaufs. Zu diesem Zweck entwickelt die Empa innovative, multiskalige Analyse- und Bildgebungsverfahren für die Diagnostik und Überwachung, die sich in den klinischen Arbeitsablauf integrieren lassen. In der Fortpflanzungsmedizin wird beispielsweise die Nanostruktur von Mineralablagerungen in der Plazenta in einer bislang unerreicht hohen Auflösung untersucht. Dies ermöglicht es, Marker für das Erkrankungsrisiko schwangerer Frauen zu identifizieren, die sich auf atypische mineralische «Fingerabdrücke» im Plazentagewebe zurückführen lassen. //





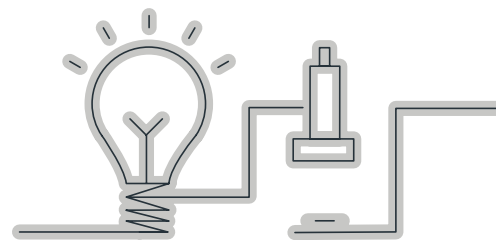


## Von der Forschung zur Innovation

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

# Innovation greifbar machen

Marlen Müller, marlen.mueller@empa.ch



Innovationsstärke und Flexibilität sind in einem sich wirtschaftlich und gesellschaftlich rasant verändernden Umfeld für KMU und grössere Unternehmen entscheidend. Die Empa unterstützt ihre Industriepartner in der Entwicklung von innovativen und nachhaltigen Lösungen, Materialien und Systemen, um den technologischen Wandel und den zunehmend härteren internationalen Wettbewerb erfolgreich zu bewältigen. Ein effizienter Technologietransfer trägt dazu bei, dass Forschungsergebnisse der Wirtschaft rasch zur Verfügung stehen und am Markt eingesetzt werden können.

2019 hat die Empa rund 200 neue Forschungsprojekte mit Partnern aus der Industrie lanciert. Zudem hat sie zwölf Erfindungen zum Patent angemeldet und zwölf neue Lizenz- und Technologietransferverträge mit Wirtschaftspartnern abgeschlossen.

## Isolation mit Altpapier

Empa-Wissenschaftler haben gemeinsam mit der Isofloc AG in einem von der Innosuisse geförderten Projekt einen Dämmstoff aus Altpapier entwickelt, der sich für vorfabrizierte Holzbaulemente auch in mehrgeschossigen Holzhäusern eignet und diese wirksam vor Feuer schützt. Im neuen Dämmstoff steckt wenig Chemie,

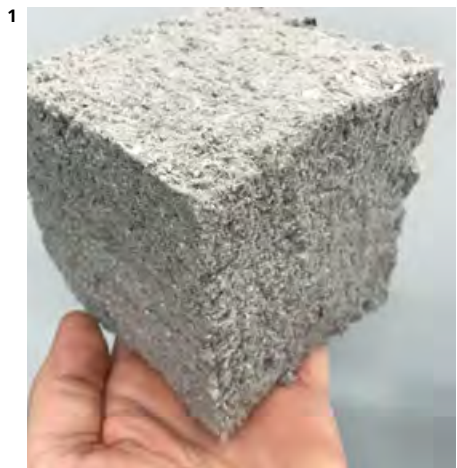
aber umso mehr technisches Know-how; das Bindemittel ist ein für Mensch, Tier und Umwelt unbedenkliches Zelluloseflockengefüge. Die Altpapierfasern werden automatisch in einen Hohlraum eingeblasen, bis dieser ganz gefüllt ist. In einem Jahr, so schätzt man bei Isofloc, kommt die neue Dämmung zusammen mit den passenden Einblasmaaschinen auf den Markt. Aus Bergen von Altpapier wird dann ein wertvolles Dämmmaterial, das nicht nur bei der Herstellung und im Einsatz grosse Mengen fossiler Brennstoffe einsparen hilft, sondern industriell als einziger loser Dämmstoff brandschutzwirksam eingesetzt werden kann.

## Einheimisches «Tropenholz»

Ebenholz zählt wie viele Tropenhölzer zu den bedrohten Arten, deren Nutzung, etwa im Instrumentenbau, problematisch ist. Trotz strenger Handelsvorschriften nehmen die Ebenholzbestände rapid ab. Das von Forschenden der Empa und der ETH Zürich gegründete Start-up «Swiss Wood Solutions (SWS)» entwickelt Verfahren, um Schweizer Hölzer so zu modifizieren, dass sie die Eigenschaften bedrohter Tropenhölzer wie Ebenholz oder Grenadill aufweisen. Dabei wird einheimischer Bergahorn aus nachhaltiger Waldwirtschaft zugeschnitten, in eine



2



1  
Ein Rohstoff aus Altpapier wird mit einem umweltfreundlichen Bindemittel zum soliden, feuerfesten Dämmstoff.

2  
Jazzgitarre mit Griffbrett, Handauflage und Steg aus Sonowood-Ahorn, gebaut von Mauro Bodio Guitars.  
Bildquelle: bodio-guitars.com

wässrige Lösung eingelegt, getrocknet und mittels Heisspressverfahren komprimiert. Derart verdichtetes Holz weist nun Eigenschaften auf, die für den Instrumentenbau zentral sind, und wurde bereits erfolgreich für Violinen, Gitarren und Klarinetten sowie für Trainingsschwerer der asiatischen Kampfsportart Budo eingesetzt. Nun soll die Versuchsproduktion ausgeweitet werden. Im November 2019 nahm SWS dazu eine erste Industriepresse an der Empa in Betrieb. In enger Zusammenarbeit mit der Empa optimiert SWS nun im Rahmen eines gemeinsamen Innosuisse-Projekts mit Hilfe neuronaler Netze und maschinellen Lernens den Produktionsprozess der Holzmodifikation.

### High Performance Sleepwear

Mit der Hochschule Luzern (HSLU) und dem Start-up Dagsmejan hat die Empa im Rahmen eines Innosuisse-Projekts Textilien für Pyjamas untersucht, um den Schlafkomfort zu verbessern und so die Schlafqualität zu steigern. Dabei geht es vor allem um die Thermoregulation des menschlichen Körpers während des Schlafes. Wird die Körperkerntemperatur, die während der Nacht um bis zu 1°C sinkt, durch externe thermische Faktoren beeinträchtigt, hat dies einen grossen Einfluss auf die Schlafqualität und somit auf die

körperliche und geistige Erholung. Im Rahmen des Projekts haben die Forschenden zunächst optimale Textilkombinationen, Garntechnologien und Stricktechniken identifiziert und daraus verschiedene Pyjamas entwickelt, die die individuellen Vorlieben («Warm- oder Kaltschläfer») der potenziellen Käufer mitberücksichtigen. 2018 hatte Dagsmejan die neue Schlafbekleidung erfolgreich in den Online-Markt eingeführt; inzwischen verfügt die Firma über ein grosses Vertriebsnetz und Kunden aus über 40 Ländern. //

# Neue Technologien wirtschaftlich erfolgreich umgesetzt

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

In den Business-Inkubatoren der Empa wurden im letzten Jahr insgesamt 50 Start-ups mit 334 Mitarbeitenden von der ersten Geschäftsidee bis hin zum Markteintritt begleitet.

## Drohnen-Drachen ernten Windenergie

Im Business Incubator glatec waren 2019 14 Start-ups eingemietet, darunter auch der Empa-Spin-off «MIRO Analytical Technologies», der ins Business-Inkubations-Programm der Europäischen Raumfahrtagentur (ESA) aufgenommen und ausserdem für den Pionierpreis der Zürcher Kantonalbank (ZKB) nominiert wurde.

Das Frühphasenprojekt «Sympheny» meisterte erfolgreich die erste beiden Runden von Venture Kick, dem grössten Start-up-Förderprogramm der Schweiz, das in drei Runden bis zu CHF 150 000 vergibt.

«Swiss Wood Solutions», eine Ausgründung der Empa und der ETH Zürich, hat im glatec eine neue 30-Tonnen-Holzpresse in Betrieb genommen, um Holz aus hiesigen Wäldern in Holz von hoher Dichte zu verwandeln – dringend benötigtes Material für die Herstellung von Musikinstrumenten als Ersatz für gefährdetes Tropenholz.

Es braucht nicht unbedingt Windkraftwerke, um Windenergie zu ernten –

der Drohnen-Drachen des Empa-Spin-offs «TwingTec» schafft das deutlich eleganter, indem er in grossen Höhen Windenergie «erntet». Im Herbst gelang es erstmals, automatisiert zu starten, beim Fliegen elektrische Energie zu erzeugen und wieder zu landen.

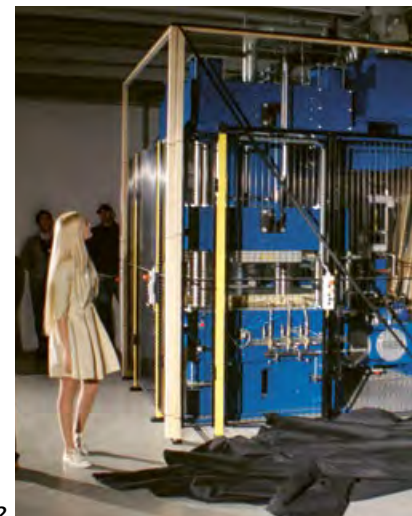
## Erfolgreiche Firmenstarts

Der Business Incubator Startfeld in St. Gallen konnte 2019 die 1000. Erstberatung für Firmengründer vermelden. Der gemeinsame Incubator der Empa, der Universität St. Gallen und der Fachhochschule St. Gallen wurde 2010 ins Leben gerufen. Aus diesen Beratungen resultierten insgesamt 100 Förderprojekte. Startfeld selber investierte in diese Start-ups rund 4,1 Millionen Franken im Rahmen von Seed-Finanzierungen; von privater Seite wurden mehr als 55 Millionen Franken investiert. Daraus entstanden mehr als 650 Arbeitsplätze.

Der Empa-Spin-off «Nahtlos» wurde als Teilnehmer für das nationale Kickstart-Accelerator-Programm in der Kategorie «Health» ausgewählt, und Myco Solutions, ebenfalls ein Empa-Spin-off, war Finalist beim Startfeld Diamant 2019.

Äusserst erfreulich entwickelt sich auch die Partnerschaft zwischen der Empa und dem Kantonsspital St. Gallen

(KSSG). Im Mai 2019 erhielt der KSSG-Spin-off «Stromal Therapeutics AG» eine Finanzierung durch Startfeld. Das Jungunternehmen entwickelt Medikamente, um die Diagnose, Behandlung und Prävention von Tumorerkrankungen und chronischen Entzündungskrankheiten durch die Manipulation sogenannter Stromazellen zu verbessern. //







1

**1**  
Zusammen mit dem Kantonsspital St. Gallen haben Empa-Forschende einen textilen EKG-Sensor an 240 Patienten klinisch validiert und gezeigt, dass Patienten dieses System auch zu Hause bequem zur Diagnose der Schlafapnoe nutzen können.

**2**  
Oliver Kläusler, CEO von «Swiss Wood Solutions», enthüllt die 30-Tonnen-Presse, die Holz aus heimischen Wäldern in Holz von hoher Dichte verwandelt – dringend benötigtes Material für die Herstellung von Musikinstrumenten als Ersatz für gefährdetes Tropenholz. Die Geigerin Anastasiya Petryshak (links) spielte zu diesem Anlass auf einer Violine, bei der Griffbrett und Saitenhalter aus Sonowood-Fichte gefertigt sind.



Mit dem Zukunftsfonds unterstützt die Empa Forschungsvorhaben und vielversprechende Forschertalente, die anderweitig noch keine Förderung erhalten: zukunftsweisende Ideen, die nach ihrer Realisierung einen wesentlichen Beitrag zu einer nachhaltigeren Welt leisten können. Der Empa Zukunftsfonds vergibt Mittel, die ihm von Unternehmen, Stiftungen und Privatpersonen als gemeinnützige Donationen anvertraut werden. Mit diesen sowie mit eigenen Mitteln hat die Empa bereits zahlreiche Forschungsprojekte anstossen können.

## Holz verklebt Holz

Ist etwas kaputt, so wird es geklebt. So einfach, wie es im Alltag für jedes erdenkliche Material mit dem entsprechenden Klebstoff machbar ist, ist es bei Kunst- und Kulturgütern aus Holz keineswegs. Unzählige Holzskulpturen, Tafelgemälde und Altäre in Kirchen und Schlössern weltweit zeigen auf Grund ihres hohen Alters und der nicht immer idealen Lagerbedingungen Risse und Brüche, die geklebt werden müssten und restauratorische Massnahmen notwendig machen.

Holz verklebt Holz – dies ist die simple Idee, die zu optimalen Klebstoffen für die Restaurierung von Holzartefakten

führen soll. Cellulosestrukturen, über chemische Kräfte zu Fibrillen und Fasern organisiert, sind das stabile Grundgerüst eines jeden Baumes und jeder Pflanze. Das Ziel des Projekts ist die Entwicklung, Optimierung und gezielte Nutzung genau dieser Cellulosestrukturen als wässrige Klebstoffsuspensionen zum Verkleben von Holzartefakten. Das interdisziplinäre Projekt, in dem Restauratoren der Hochschule der Künste Bern mit Experten der Empa zusammenarbeiten, ist Anfang 2019 gestartet und wird von der Gebert Rüf Stiftung unterstützt.

## Vibrationen und Lärm massgeschneidert dämpfen

Es war ein risikoreiches Forschungsvorhaben, das der Empa Zukunftsfonds mit einer Initialfinanzierung ermöglichte: Gibt es Materialien, die eine hohe mechanische Tragfähigkeit aufweisen und gleichzeitig dank ihrer inneren Struktur Schall und Vibrationen dämpfen? Ganz ohne Schaumgummi, Federn und Stossdämpfer?

2016 wurde nach drei Jahren Forschungsarbeit der Beweis erbracht: Solche Materialien gibt es in der Tat. Dank Versuchsstrukturen aus einer Aluminiumlegierung, die erstmals per 3D-Druck angefertigt wurden, konnten die Forscher

ihre Methode der Schall- und Vibrationsdämpfung inzwischen weiter verfeinern. 2019 konnten sie die Kristalle mit zusätzlichen Eigenschaften ausrüsten, die sie im Original nicht besaßen; die Forscher bauten kleine, drehbare Teller in die Kristallstrukturen, die in der Lage sind, Schwingungen entlang der Längsachse des Kristalls in Torsionsbewegungen umzuwandeln.

## Fenster gegen Lauscher

Inzwischen ist im Labor ein erstes Modell entstanden, das eine mögliche Funktion dieser so genannten phononischen Kristalle zeigt: ein Fenster aus zwei Plexiglasscheiben, in das syndiotaktische Drehteller integriert sind. Die Grösse der Teller ist auf die Frequenzen der menschlichen Sprache abgestimmt. Die Idee dahinter: Werden bestimmte Frequenzen aus der Sprache herausgefiltert, wird der Inhalt unverständlich; unser Gehirn kann die «gefilterten» akustischen Informationen nicht mehr sinnvoll zusammensetzen. Erste Tests im Empa-Akustiklabor zeigten, welches Potenzial in der Idee steckt: Man kann die sprechenden Personen deutlich sehen und auch gedämpft hören – ohne auch nur ein Wort zu verstehen. //

1

Ein Funktionsmodell chiraler, phononischer Kristalle dient zu Schwingungsmessungen. Eine mögliche Anwendung phononischer Kristalle ist ein «Kryptographie-Fenster», das Sprache rein mechanisch verzerrt – ohne Elektronik oder Elektrizität.

2

Brandmalerei auf Linde mit einem durchgängigen Bruch und einem Riss längs zur Faser (rechts); Fragment, Künstler und Datierung unbekannt, vermutlich 19. Jahrhundert; befindet sich zurzeit an der Hochschule der Künste Bern. Masse: 30 × 30 cm.  
Foto: Karolina Soppa



1



2

Viele Forschungsprojekte sind von Natur aus international; meist arbeiten Teams aus zahlreichen Ländern und mit unterschiedlichstem wissenschaftlichem Background interdisziplinär zusammen. Der einsame Gelehrte, der in seiner Kammer einem Geistesblitz folgt und die Wissenschaft revolutioniert, ist heutzutage eher die Ausnahme. Auch das Netzwerk der Empa ist praktisch weltumspannend und umfasst Partnerschaften mit Forschenden aus nahezu 100 Ländern.

Einen grossen Stellenwert haben für die Empa etwa von der EU geförderte Grossprojekte und Konsortien; im vergangenen Jahr waren Empa-Forschende an mehr als 70 EU-Projekten beteiligt, und erst vor Kurzem ist das «SeNSE»-Projekt angelaufen, das von Empa-Forschenden geleitet wird und die Lithium-Ionen-Batterie der nächsten Generation entwickeln soll. Zudem ist die Empa Schweizer Partner im «SUNRISE»-Konsortium, an dem 20 Institutionen aus Forschung und Industrie aus 13 europäischen Ländern beteiligt sind mit dem Ziel, nachhaltige Alternativen zur fossilbasierten, energieintensiven Produktion von Treibstoffen und Grunderzeugnissen der chemischen Industrie, basierend einzig auf Solarenergie und allgemein verfügbaren

Rohstoffen, zu entwickeln. Anfang 2019 wurde SUNRISE als eine von lediglich sechs Projektskizzen ausgewählt, um im Lauf eines Jahres die Grundlagen für eine neue europäische Grossforschungsinitiative ähnlich den bisherigen Flagship-Projekten zu erarbeiten.

Paneuropäisches Networking betreibt auch das Forschungs- und Innovationsgebäude NEST (Seite 24), das neu Mitglied des European Network of Living Labs mit mehr als 150 Mitgliedern ist. An den OpenLivingLab Days im September in Thessaloniki wurde NEST neben 19 weiteren Projekten feierlich im Netzwerk willkommen geheissen.

### **Institutionelle Partnerschaften**

Auch auf bilateraler Ebene hat die Empa 2019 ihr Netzwerk kontinuierlich erweitert und bestehende Kontakte vertieft. So hat die Empa im Juli im Rahmen der Europe-Korea Conference on Science and Technology 2019 in Wien ein Memorandum of Understanding (MoU) mit dem Korean Institute of Civil Engineering and Building Technology (KICT) unterzeichnet mit der Absicht, gemeinsame Forschungsaktivitäten im Bereich intelligente Gebäude und nachhaltiger Umgang mit natürlichen Ressourcen und Energie zu starten. An einem ersten Workshop, der während der

Konferenz stattfand, haben Forschende der beiden Institute bereits erste Projektideen entwickelt.

Im Oktober war Empa-Direktor Gian-Luca Bona anlässlich der alljährlichen NIMS Week zu Gast am japanischen «Schwesterinstitut» der Empa, dem National Institute for Materials Science (NIMS), in Tsukuba. Im Rahmen der Konferenz fand an der Universität Tokio ausserdem ein Jubiläumssymposium zum 20-jährigen Bestehen des Open-Access-Fachjournals «Science and Technology of Advanced Materials» (STAM) statt, das die Empa seit 2014 gemeinsam mit dem NIMS herausgibt.

### **Eine internationale Gästeschar**

Umgekehrt fanden auch viele ausländische Besuchergruppen den Weg an einen der drei Empa-Standorte. So war etwa im Mai eine Delegation der Kultur- und Kreativwirtschaft Hessen um den hessischen Wirtschaftsminister Tarek Al-Wazir zu Gast im NEST in Dübendorf und liess sich vom stellvertretenden Empa-Direktor Peter Richner unter anderem über Bauen im Kreislauf und darüber informieren, wie man den Ressourcenverbrauch im Gebädebereich reduzieren kann.

Eine Gruppe des chinesischen Elektronik- und Mobilfunkriesen Huawei hat



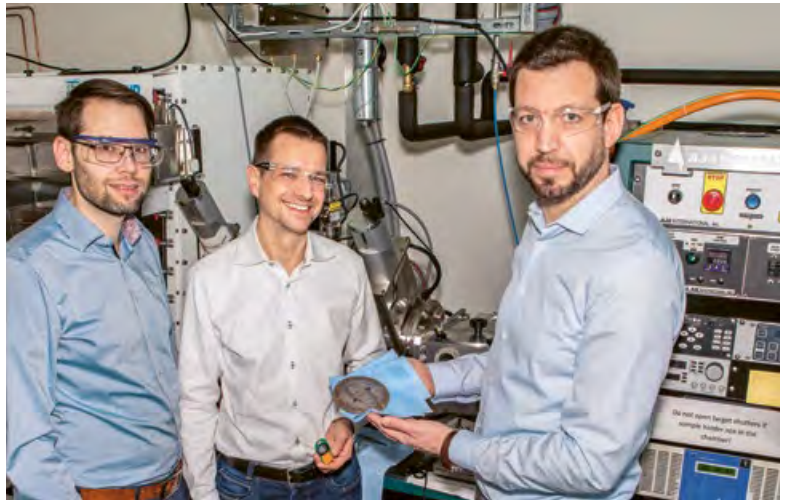
1

Das EU-Forschungsprojekt «SeNSE» wird von Ruben-Simon Kühnel, Stephan Fahlbusch und Corsin Battaglia (rechts) koordiniert. Battaglia ist Leiter der Abteilung «Materials for Energy Conversion» an der Empa.

2

Empa-Direktionsmitglied Tanja Zimmermann und KICT-Präsident Seung Heon Han mit dem unterschriebenen Memorandum of Understanding (MoU), umgeben von den Vertreterinnen und Vertretern beider Institutionen.  
Bild: KICT

mit Empa-Direktor Gian-Luca Bona im August über die Möglichkeiten von Forschungsk Kooperationen im Bereich Sensoren sowie über die Möglichkeit, im Grossraum Zürich ein firmeneigenes Forschungszentrum zu etablieren, diskutiert. Daneben waren auch Besuchergruppen aus Italien – etwa Hightechfirmen und -Start-ups aus Kalabrien im Rahmen der dortigen Innovationsinitiative «Calabria Valley» sowie aus Südtirol – zu Gast an der Empa. //



1



2

**G**ute Forschung und deren Ergebnisse bzw. innovative technologische Entwicklungen wollen kommuniziert sein. Denn nur so findet ein Wissens- und Technologietransfer aus den Forschungslabors in unsere Gesellschaft, also die breite Öffentlichkeit und die Politik, statt. Und nur durch einen regen Austausch und den Dialog mit den von ihr subventionierten Forschenden kann die Gesellschaft letztlich entscheiden, ob die öffentlichen Mittel, die der Bund zur Verfügung stellt, sinnvoll eingesetzt werden. Vor allem für ein Forschungsinstitut wie die Empa ist dieser Austausch essenziell, hat sie sich doch zum Ziel gesetzt, mit ihrer Forschung zur Lösung konkreter Herausforderungen beizutragen, etwa im Energie- und Gesundheitsbereich.

## **Demonstrationsplattformen als Publikumsmagnete**

Glücklicherweise scheint das Interesse an der Empa bei ihren Stakeholdern unvermindert hoch zu sein; so konnte die Empa auch im vergangenen Jahr erneut mehr als 15 000 Besucherinnen und Besucher 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 (Seite 24 ff.). Nebst teils hochrangigen Delegationen aus dem Ausland (Seite 52) waren darunter auch wieder zahlreiche Schweizer Institutionen, Unternehmen und Verbände, etwa die Schweizer Textilindustrie, eine Delegation der Schweizer Armee, die FDP-Frauen, Mitglieder der Schweizer Sektion des Vereins Deutscher Ingenieure und – zur Eröffnung der NEST-Unit «DFAB HOUSE» – Bundesrat Guy Parmelin (Seite 24).

## **Empa «on the road»**

Gleichzeitig geht die Empa aber auch immer wieder «auf die Strasse», um über Themen wie eine nachhaltige Energieversorgung, innovative Mobilitätskonzepte oder ressourcenschonende Bautechnologien zu diskutieren. So war die Empa etwa am Jahrestreffen der Schweizer Garagisten, an der Generalversammlung des Verbands der Schweizerischen Gasindustrie (VSG) und an der Swissbau, die über 100 000 Fachleute aus der Baubranche nach Basel lockte, präsent. Die Empa organisierte zusammen mit Partnern im «Swissbau Focus» gleich mehrere gut besuchte Veranstaltungen zu Themen wie kreislaufgerechtes Bauen, den Einsatz von Drohnen im Unterhalt Gebäuden und intelligente Steue-

rung von Energieflüssen im Quartier der Zukunft.

Ausserdem konnten Empa-Direktor Gian-Luca Bona und sein Stellvertreter Peter Richner im Rahmen des World Economic Forum (WEF) in Davos mit rund 60 Vertreter und Vertreterinnen der Schweizer Politik über den volkswirtschaftlichen Nutzen der Alumni aus dem ETH-Bereich diskutieren, etwa in Form von Spin-off-Gründungen. Unter den interessierten Gästen am WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) waren Bundesrat Parmelin, die Staatssekretärin für Bildung und Forschung, Martina Hirayama, und der neu gewählte Präsident des ETH-Rats, Michael Hengartner.

## **Mediale Präsenz markiert**

Dass die Forschungsthemen der Empa gesellschaftlich relevant sind, zeigte sich auch im enormen Medieninteresse im vergangenen Jahr: Knapp 7500 Medienartikel in 34 Sprachen berichteten über die Forschungsaktivitäten der Empa, darunter knapp 1750 in Printmedien und mehr als 230 Radio- und TV-Beiträge – allesamt so viele wie nie zuvor und eine erneute (und überraschend deutliche) Steigerung gegenüber dem Vorjahr. //



1

1 Bundesrat Guy Parmelin eröffnet feierlich die neueste NEST-Unit «DFAB HOUSE».



2

2 Die Empa an der Swissbau: Enrico Marchesi vermittelt das Thema «Bauen in der Kreislaufwirtschaft».

3 Der stellvertretende Empa-Direktor Peter Richner stellt am WEF in Davos Methoden vor, wie sich bestehende Bauten effizient überwachen lassen.



3

# Erfolgreiche Frauen an der Empa

**R**und 30 Auszeichnungen und Ernennungen wurden 2019 an Empa-Forschende vergeben. 15 davon – also genau die Hälfte – gingen an Frauen. Das ist weit über dem Frauenanteil von aktuell 30 Prozent. Frauen an der Empa sind also äusserst motiviert und überaus erfolgreich. Und auch der Frauenanteil der Empa-Mitarbeitenden hat sich 2019 gemäss offiziellen Zahlen positiv entwickelt: Er stieg um fast 1 Prozent an; im Kader beträgt er mittlerweile mehr als 17 Prozent.

## Lohnleichheit von Mann und Frau

In den letzten Jahren stand die Frage der Lohnleichheit zwischen den Geschlechtern auch bei der öffentlichen Hand im Fokus. Der Bund hat mehrere Veranstaltungen zum Thema durchgeführt. 2016 lancierte Bundesrat Alain Berset eine Charta für die Lohnleichheit im öffentlichen Sektor, die bis heute von 16 Kantonen und 80 Gemeinden unterzeichnet wurde. Neu haben auch staatsnahe Betriebe auf Bundes-, Kantons- und Gemeindeebene die Möglichkeit, der Charta beizutreten. Die Empa ist daher gemeinsam mit den anderen Institutionen des ETH-Bereichs am 28. November 2019 in Anwesenheit von Bundesrat Alain Berset und weiteren politischen Verantwortli-

chen von Bund, Kantonen und Gemeinden der Initiative ebenfalls beigetreten.

## Förderung von jungen Wissenschaftlerinnen

Besonders ins Auge sticht die Frauenförderung im Rahmen des von der EU kofinanzierten «COFUND»-Programms zur Anstellung von Postdoktorierenden. Unter den angestellten Kandidaten und Kandidatinnen lag der Frauenanteil bei den letzten beiden Ausschreibungen jeweils zwischen 35 und 40 Prozent.

Das Programm «Fix the leaky pipeline» des ETH-Bereichs hat auch 2019 zahlreiche junge Frauen auf ihrem Karriereweg unterstützt; vier davon nahmen am Mentoring-Programm der Empa teil. Fünf Teilnehmerinnen wurden zum «CONNECT»-Förderprogramm des ETH-Bereichs zugelassen und konnten so erste Kontakte für eine erfolgreiche Karriere in der Industrie knüpfen.

## Forschung für die Jugend und eine familienfreundliche Kinderbetreuung

Im Sommer fand in Dübendorf wie bereits seit einigen Jahren das einwöchige Sommercamp für Kinder von Empa-Mitarbeitenden statt. Und im November besuchten mehr als 100 Jugendliche im Rahmen des Nationalen Zukunftstags die Standorte

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

Dübendorf und St. Gallen, darunter eine Gruppe von 30 Mädchen aus den nationalen Programmen «Mädchen-Techniklos» und «Mädchen-Informatiklos».

Ebenfalls im Sommer fand das 25-Jahre-Jubiläum des Kinderpavillons von Empa und Eawag in Dübendorf statt. Dort ist die gemeinsame Kinderkrippe der beiden Forschungsinstitute zu Hause, wo mehr als 30 Kleinkinder betreut werden, während ihre Eltern an der Empa und an der Eawag forschen. //



2





1

**1**  
Bundesrat Alain Berset mit den Personalleiterinnen und Personalleitern der Institutionen des ETH-Bereichs (v.l.n.r.): Lukas Vonesch (ETH Zürich), Karsten Bugmann (PSI), Alain Berset, Beatrice Lamprecht (Eawag), Susanne Jost (WSL) und André Schmid (Empa).

**2**  
Impressionen von der 25-Jahre-Feier des Kinderpavillons von Empa und Eawag.



# Den Ausstoss an Treibhausgasen reduzieren

Marcel Gauch, marcel.gauch@empa.ch

Der Bundesrat verlangt seit 2019 in seinem Klimapaket von allen Bundesbetrieben eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen von mindestens 50 Prozent durch eigene Massnahmen bis 2030 im Vergleich zum Referenzjahr 2006. Die Reduktion durch eigene Massnahmen bedeutet die Optimierung der Effizienz, die Substitution von fossilen durch erneuerbare Energieträger sowie die Eigenproduktion von erneuerbarer Energie. Der Rest der nicht aus eigener Kraft erzielten Reduktionen muss durch CO<sub>2</sub>-Kompensationen erfolgen. Dies bedeutet insgesamt: Die Empa beschreitet zusammen mit dem ganzen Bund den Weg zu null CO<sub>2</sub>-Emissionen bis ins Jahr 2030. Dank weitsichtiger Planung insbesondere für das Empa-Eawag-Areal in Dübendorf ist die Empa gut für diesen Weg gerüstet und nimmt bei der Energiestrategie 2050 für die ganze Schweiz eine Vorbildfunktion ein.

## Ringleitung geschlossen

Ein Energieüberschuss entsteht an einem Ort, an einem anderen Ort wird dagegen Energie benötigt. Eine Grundvoraussetzung für einen intelligenten Austausch ist die räumliche Verbindung von Angebot und Nachfrage. Im Energiekonzept auf dem Empa-Eawag-Areal wird diese Verbindung durch eine Ringleitung ermöglicht, die 2019

geschlossen wurde. Abwärme aus Forschungsinfrastrukturen und aus Kältemaschinen kann neu in einem Mitteltemperatur-Wärmenetz bei 38 °C gesammelt und anderen Prozessen zur Verfügung gestellt werden. Insbesondere lässt sich der Bedarf an Wärme bzw. Kälte aller renovierten sowie aller geplanten Gebäude direkt damit abdecken. Prozesse mit höherem Temperaturbedarf werden künftig mit Wärmepumpen versorgt, die die Energie vom Mitteltemperaturbereich (38/28 °C) mit Strom aus erneuerbaren Quellen auf ein Hochtemperaturniveau von 65 °C anheben. Damit wird der Gasheizkessel in Zukunft nur noch zur Spitzenabdeckung benötigt.

## Ein grosser Schritt beim Photovoltaikusbau

Auf dem Dach des Laborgebäudes konnte die bisher grösste PV-Anlage der Empa in Betrieb genommen werden. Das Resultat beeindruckt nicht nur durch die fast dreimal grössere Menge an selbstproduzierter erneuerbarer Energie, sondern überzeugt auch durch die optisch gelungene Integration am Gebäude. Als wesentlicher Beitrag zur Erreichung der Ziele des Klimapakets des Bundes wird die Photovoltaik in den nächsten Jahren bis auf eine Gesamtfläche von rund 5000 Quadratmeter laufend weiter ausgebaut. //



3

1

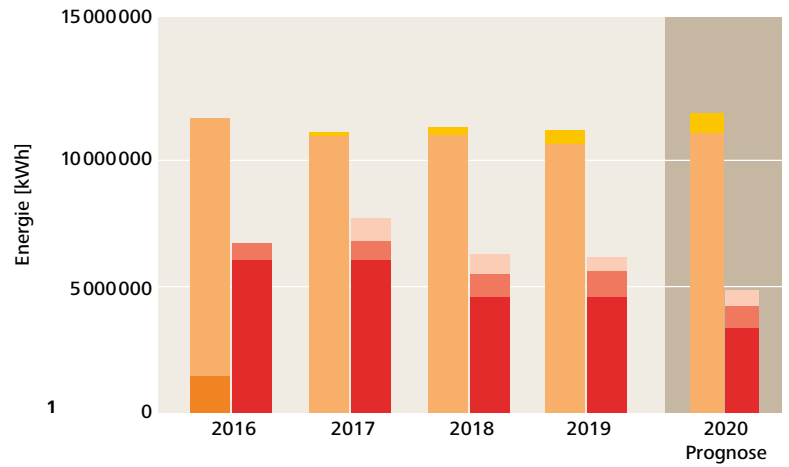
Trend des Empa-Energieverbrauchs: Der thermische Energiebedarf konnte auf dem Niveau des Vorjahres gehalten werden, der Elektrizitätsbedarf ging leicht zurück. In Zukunft wird durch den Einsatz von Wärmepumpen zwar ein Anstieg von elektrischer Energie erwartet, aber auch ein deutlicher Rückgang von thermischer Energie, was zu bedeutenden CO<sub>2</sub>-Reduktionen führt.

2

Photovoltaikanlage auf dem Laborgebäude.

3

In das Energienetz des Empa-Eawag-Areals wird an verschiedenen Orten Energie eingespeist und abgegeben.



- Elektrizität konventionell kWh/a
- Elektrizität mit Herkunftsnachweis kWh/a
- Elektrizität Photovoltaik kWh/a
- Wärme fossil kWh/a
- Wärme Biogas kWh/a
- Fernwärme KVA kWh/a



2



$$\underline{\underline{R}} \underline{\underline{u}} \quad ; \quad u_i = R_{ij} u_j$$

Tensor:

$$= \underline{\underline{R}} \underline{\underline{\sigma}} \underline{\underline{R}}^T ;$$

$$= R_{im} \sigma_{mn} R_{jn}$$

dev. Tensor:

$$= R_{im} R_{jn} R_{kp} R_{eq} C_{mnpq}$$

Transformations are used to  
SYMMETRIES in material

Symmetry with respect to plane  $x_2-x_3$   
Let  $x_1$  as principal direction of anisotropy  
i.e. with  $R = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$  "Mirror reflection"





## Zahlen und Fakten

Forscher messen gerne, unter anderem auch ihre eigene Leistung: 2019 haben Empa-Forscherinnen und -Ingenieure 718 wissenschaftliche Publikationen veröffentlicht und 12 Entwicklungen zum Patent angemeldet. Ende Jahr liefen an der Empa 105 vom Schweizer Nationalfonds (SNF) finanzierte Projekte; 89 Projekte, die von der Innosuisse unterstützt wurden, und 72 EU-Projekte. Die 27 Spin-offs beschäftigten zusammen mit weiteren Start-ups in den beiden Business-Inkubatoren der Empa insgesamt 956 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 ist es, mögliche Risiken für die Empa und deren Mitarbeitende frühzeitig zu erkennen, zu analysieren, Massnahmen zu treffen und diese auf ihren Nutzen hin zu überprüfen. Dieses System führt zu einer intensiv gelebten Sicherheitskultur 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 sämtlicher 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 und 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 der 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.

### **Weiterentwicklung der Sicherheitsorganisation**

Die Sensibilisierung der Mitarbeitenden für Sicherheitsthemen hat sich im letzten Jahr weiter verbessert. Dies zeigt sich in der erneut deutlich gestiegenen Anzahl der Anfragen zu sicherheitsrelevanten Themen wie Drohnenflüge auf dem Campus oder in Gebäuden, Explosionsschutz oder die Sicherheit von chemischen Reaktionen und Laseranlagen.

Ein zentraler Punkt der Präventionsbemühungen bildet dabei die Schulung der Mitarbeitenden. Bei jährlich zwischen 450 und 500 Neueintritten ist dies eine Mammutaufgabe. Das Risikomanagement hat das Schulungsangebot noch einmal erweitert und bietet nun eine breite Palette von Schulungen in den Gebieten Chemie-, Nanotechnologie-, Lasersicherheit usw. für unterschiedliche Anwenderstufen an. Anfang Jahr wird jeweils der aktuelle Kurskalender publiziert.

Im Weiteren wurden Schritte eingeleitet, um das Team für Feuer- und Chemieereignisse weiter zu professionalisieren. Dies geschieht über Schulungen im taktischen und fachlichen Bereich, aber vor allem auch mit einem intensivierten Übungsregime. Neu eingeführt wurden gemeinsame periodische Übungen mit dem betrieblichen Rettungsdienst sowie den Chemieverantwortlichen. Die gemeinsamen Analysen führen zu einem effizienteren Zusammenspiel der Interventionsteams und Fachspezialisten. An den Standorten Dübendorf und St. Gallen fanden 2019 unter dieser Prämisse erfolgreiche und sehr aufschlussreiche Evakuationsübungen statt.

Aufgrund der gesellschaftlichen und technischen Entwicklung gewinnt das Thema Informationssicherheit weiter an Bedeutung. Das Bewusstsein, dass dies weit über die alltägliche Arbeit einer ICT-Abteilung hinausgeht und dass hierfür vielmehr die Arbeitsweise und der Umgang mit Informationen jedes einzelnen Mitarbeiters entscheidend sind, ist indes noch nicht bei allen Mitarbeitenden gleichermaßen gefestigt. Wichtige Themen wie die Cloud-Thematik werden in Projektgruppen bearbeitet mit dem Ziel, Richtlinien zu entwickeln sowie das Bewusstsein der Mitarbeitenden zu erhöhen. Datensicherheit wird auch im Rahmen einer institutionsübergreifenden Arbeitsgruppe im ETH-Bereich umfassend thematisiert und eine Zusammenarbeit in Teilbereichen angestrebt.

Eine besondere Herausforderung für das Risikomanagement stellte die Untersuchungen an den bis zu 50 Tonnen schweren Trümmern der eingestürzten Morandi-Brücke über den Jahreswechsel und Anfang 2019 dar. Mit nur minimaler Vorwarnzeit mussten sowohl die physische Sicherheit der Brückenteile als auch die Datensicherheit und Integrität der gewonnenen Resultate über eine längere Zeit gewährleistet werden. Das internationale Medieninteresse führte gleichzeitig zu einem hohen Reputationsrisiko. Es wurden deshalb Massnahmen in bisher unbekannter Grössenordnung vom Risikomanagement unter Einbezug der IT-Security-Spezialisten entwickelt und gemeinsam mit Wissenschaftlern unterschiedlicher Disziplinen erfolgreich umgesetzt. //

# Personelle Entwicklung

(in Klammern die Vorjahreszahlen)

André Schmid, andre.schmid@empa.ch

---

Ende 2019 arbeiteten inklusive der Lernenden 1033 (994) Personen an der Empa. Dies entspricht, bedingt durch die vielen Teilzeitmöglichkeiten, einem Vollzeitäquivalent (FTE) von 967,5 (928,6) Stellen.

Der Bestand an wissenschaftlichem Personal inklusive Doktoranden und Postdoktoranden beträgt 593 (558) Personen. Davon sind 103 (108) Senior Scientists. Als technisch/administratives Personal waren im Berichtsjahr 398 (396) Personen tätig. Der Frauenanteil von 30,4 (28,9) Prozent widerspiegelt die Absolventenzahlen der Universitäten und der ETH bei den Fakultäten, die an der Empa vertreten sind.

Der Ausländeranteil liegt bei 468 (436) Personen, das sind 45,3 (43,9) Prozent des gesamten Personalbestands. Aus dem EU-Raum stammen 287 (281) Personen, das sind 61,3 (64,4) Prozent aller ausländischen Mitarbeitenden. Die Empa bietet eine breite Palette von Berufslehren an und beschäftigt 42 (40) Lernende. Auch 2019 haben alle Lernenden die Abschlussprüfungen bestanden. //



## PERSONALBESTAND ENDE 2019

	2018	2019
Wissenschaftliches Personal	558	593
Technisches/administratives Personal	396	398
Lernende	40	42
<b>Total</b>	<b>994</b>	<b>1033</b>

# Kennzahlen

## WISSENSCHAFTLICHER OUTPUT

	2018	2019
ISI-Publikationen	700	718
Konferenzbeiträge	1372	1250
Doktoratsabschlüsse	45	37
Laufende Doktorate	191	208
Lehrtätigkeit (in Stunden)	4423	4406
Preise/Auszeichnungen	81	81

## MEDIENPRÄSENZ

	2018	2019
Radio	72	169
TV	56	63
Print	1250	1730
Online	3850	5500
Total	5250	7462
Sprachen	32	34

## EMPA-AKADEMIE

	2018	2019
<b>Empa-Veranstaltungen</b>	<b>96</b>	<b>92</b>
Teilnehmende	5931	5070
Wissenschaftliche Tagungen	17	10
Fachveranstaltungen für die Wirtschaft	24	20



## WISSENS- UND TECHNOLOGIETRANSFER

	2018	2019
Neue F&E-Vereinbarungen	208	193
Aktive Verwertungsverträge (Lizenz/Option/Verkauf)	68	66
Neue Verwertungsverträge	16	12
Neue Patentanmeldungen	14	12

## SPIN-OFFS UND START-UPS (tebo und glaTec)

	2018	2019
<b>Firmen gesamt</b>	<b>94</b>	<b>104</b>
Davon Spin-offs	26	27
<b>Mitarbeitende gesamt</b>	<b>784</b>	<b>956</b>
Davon Mitarbeitende der Spin-offs	131	136



## LAUFENDE PROJEKTE

	2018	2019
SNF	122	105
Innosuisse	95	89
EU	69	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**

Beth Krasna **Dipl. Ing. ETH, unabhängige Verwaltungsrätin**

## **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, Rivera**

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

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

Christiane Leister **Leister AG, Kägiswil**

Joël Mesot **Prof. Dr., ETH Zürich**

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

Rik Eggen **Prof. Dr.**, Eawag, Dübendorf

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

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

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

# Organigramm

Stand Mai 2020

## RESEARCH FOCUS AREAS (Forschungsschwerpunkte)

### Nanostrukturierte Materialien

Dr. Pierangelo Gröning

### Sustainable Built Environment

Dr. Tanja Zimmermann  
Prof. Dr. Giovanni Terrasi

### Gesundheit und Leistungsfähigkeit

Prof. Dr. Alex Dommann

### Natürliche Ressourcen und Schadstoffe

Dr. Brigitte Buchmann

### Energie

Dr. Peter Richner  
Dr. Björn Niesen

## DIREKTION

### Direktor

Prof. Dr. Gian-Luca Bona

### Stv. Direktor

Dr. Peter Richner

### Mitglieder

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

## DEPARTEMENTE

### 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

## FORSCHUNGS-, WISSENS- UND TECHNOLOGIETRANSFER-PLATTFORMEN

<b>NEST/dhub</b> Reto Largo	<b>move</b> Dr. Brigitte Buchmann	<b>ehub</b> Philipp Heer	<b>Coating Competence Center</b> Dr. Lars Sommerhäuser	<b>Empa-Akademie</b> Claudia Gonzalez	<b>Business Incubators glaTec</b> Mario Jenni <b>Startfeld</b> Peter Frischknecht	<b>International Research Cooperations</b> Prof. Dr. Gian-Luca Bona
--------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------	---	--	--	--

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

Mobilität, Energie und Umwelt	Functional Materials	Corporate Services
Dr. Brigitte Buchmann	Dr. Tanja Zimmermann	Dr. Urs Leemann
	<b>Materials and Technology Center of Robotics</b> Dr. Mirko Kovac	<b>Bibliothek (Lib4RI)</b> Dr. Lothar Nunnenmacher
		<b>Fundraising / Entrepreneurship / Industry Relations</b> Gabriele Dobenecker
<b>Materials for Energy Conversion</b> Dr. Corsin Battaglia	<b>Hochleistungskeramik</b> Prof. Dr. Thomas Graule	<b>Informatik</b> Stephan Koch
<b>Advanced Analytical Technologies</b> PD Dr. Davide Bleiner	<b>Cellulose &amp; Wood Materials</b> Dr. Gustav Nyström	<b>Konstruktion / Werkstatt</b> Stefan Hösli
<b>Luftfremdstoffe / Umwelttechnik</b> Dr. Lukas Emmenegger	<b>Beton und Asphalt</b> Prof. Dr. Pietro Lura	<b>Finanzen / Controlling / Einkauf</b> Heidi Leutwyler
<b>Fahrzeugantriebssysteme</b> Christian Bach	<b>Building Energy Materials and Components</b> Dr. Matthias Koebel	<b>Kommunikation</b> Dr. Michael Hagmann
<b>Materials for Renewable Energy</b> Prof. Dr. Andreas Züttel (Antenne Sion)	<b>Advanced Fibers</b> Prof. Dr. Manfred Heuberger	<b>Personal</b> André Schmid
<b>Technologie und Gesellschaft</b> Dr. Patrick Wäger		<b>Wissens- und Technologietransfer / Recht</b> Marlen Müller
<b>Akustik / Lärminderung</b> Dr. Jean Marc Wunderli		<b>Immobilienmanagement</b> Hannes Pichler





# Jahresrechnung 2019

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 den Geldgebern zu verbessern.

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

**74**

Finanzen

**76**

Erfolgsrechnung

**78**

Bilanz

**80**

Eigenkapitalnachweis

**84**

Geldflussrechnung

**86**

Anhang

**137**

Bericht der Revisionsstelle

## Vorwort zum Finanzbericht

In einem stetig stärker werdenden Wettbewerb um nationale und internationale Forschungsmittel konnte sich die Empa auch 2019 sehr gut positionieren und die Einwerbung von Drittmitteln auf CHF 44.1 Mio. steigern. Unter Berücksichtigung des ebenfalls gestiegenen wissenschaftlichen Effekts von 718 ISI-Publikationen mit einem Impact von 6.1 (VJ 5.53) bedeutet dies, dass neben der erfreulich hohen Bewilligungsquote von Forschungsanträgen der Empa auch deren wissenschaftliche Bedeutung zugenommen hat. Mit beinahe 200 im Jahr 2019 abgeschlossenen neuen Forschungsverträgen mit externen Partnern leistet die Empa zudem einen wesentlichen Beitrag zum Nutzen der Schweizer Wirtschaft und der Gesellschaft.

Nach wie vor ist die maximale Höhe der Einwerbung von Drittmitteln durch externe Rahmenbedingungen bestimmt. Dies, weil Drittmittel nicht kostendeckend sind. Für die Bearbeitung von mit Drittmitteln finanzierte Forschungsprojekte der Forschungsförderungen (SNF, EU, Innosuisse) müssen aufgrund der fehlenden Kostendeckung zusätzlich Erstmittel (Finanzierungsbeitrag des Bundes) aufgewendet werden. Aufgrund des relativ konstanten Erstmittelbeitrag des Bundes ist damit die Einwerbung von Drittmitteln limitiert. Da die Empa ihre wissenschaftliche Basis nicht erodieren lassen und nicht zu einem reinen Wissenschaftsdienstleister verkommen darf, soll der Drittmittelanteil nicht über 40% steigen. Eine darüber hinaus gehende Drittmittelinwerbung bindet zusätzliche Mittel aus dem ordentlichen Finanzierungsbeitrag, was wiederum die Forschungsfreiheit und die damit verbundene Innovationsleistung der Empa beeinträchtigt. Der teilweise geäusserten Forderung nach einer weiteren markanten Steigerung der Drittmittel steht damit die quasi natürliche Grenze des Finanzierungsbeitrags des Bundes entgegen.

Die Transformation der Empa nach der Jahrhundertwende hin zu einer Forschungsinstitution, die aus der Grundlagenforschung heraus Innovationen anstösst hat zu einem Rückstau bei den Gebäudeinvestitionen geführt. Dank einer langfristigen Finanzplanung und der gezielten Äufnung von Reserven ist es der Empa gelungen, Mittel für die Erstellung eines dringend notwendigen Laborgebäudes am Standort Dübendorf für zentrale Forschungsaktivitäten bereitzustellen. Die Schaffung von neuen und modernen Laboren ist eine Voraussetzung, um

weiterhin Forschung auf Spitzenniveau betreiben zu können und dadurch einen effizienten Wissens- und Technologietransfer in die Wirtschaft und Gesellschaft zu gewährleisten. Gleichzeitig mit der Errichtung des Laborgebäudes soll auch das Areal erneuert und von einem Werkareal hin zu einem Forschungscampus, dessen infrastruktureller Charakter auch das Bild der Empa als Institution des ETH-Bereichs untermauert, transformiert werden.

Per Ende 2019 arbeiteten inkl. der Lernenden 1033 (VJ 994) Personen an der Empa. Dies entspricht, bedingt durch die verschiedenen Teilzeitmöglichkeiten, einem Vollzeitäquivalent von 967.5 (VJ 928.6) Stellen. Die Internationalität zeichnet sich auch dadurch aus, dass die Mitarbeitenden der Empa aus über fünfzig verschiedenen Nationen stammen. Diese Vielfalt ist jedoch auch ein Zeichen dafür, dass es gelingt, international die besten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an die Empa zu holen, was nur mit einem ausgezeichneten Ruf als Forschungsinstitution möglich ist. Für die Zukunft wird es entscheidend sein, welche Weichen die Schweiz im Bereich der Beziehungen vor allem mit dem europäischen Ausland anstrebt. Es bleibt zu hoffen, dass eine Vollteilnahme an den Europäischen Forschungsrahmenprogrammen, insbesondere an Horizon Europe, möglich sein wird.

# Erfolgsrechnung

TCHF	Anhang	2019	2018	Veränderung absolut	%
Finanzierungsbeitrag des Bundes		110 627	101 000	9 627	10%
Beitrag an Unterbringung		13 406	16 277	-2 871	-18%
<b>Trägerfinanzierung</b>	5	<b>124 033</b>	<b>117 277</b>	<b>6 756</b>	<b>6%</b>
<b>Studiengebühren, Weiterbildung</b>	6	<b>215</b>	<b>201</b>	<b>14</b>	<b>7%</b>
Schweizerischer Nationalfonds (SNF)		8 179	8 185	-7	0%
Schweizerische Agentur für Innovationsförderung (Innosuisse)		9 221	10 321	-1 099	-11%
Forschung Bund (Ressortforschung)		7 083	8 655	-1 572	-18%
EU-Forschungsrahmenprogramme (FRP)		6 905	7 322	-417	-6%
Wirtschaftsorientierte Forschung (Privatwirtschaft)		14 847	15 840	-993	-6%
Übrige projektorientierte Drittmittel (inkl. Kantone, Gemeinden, internationale Organisationen)		2 949	2 169	780	36%
<b>Forschungsbeiträge, -aufträge und wissenschaftliche Dienstleistungen</b>	7	<b>49 184</b>	<b>52 492</b>	<b>-3 308</b>	<b>-6%</b>
<b>Schenkungen und Legate</b>	8	<b>382</b>	<b>55</b>	<b>327</b>	<b>595%</b>
<b>Übrige Erträge</b>	9	<b>8 045</b>	<b>7 610</b>	<b>435</b>	<b>6%</b>
<b>Operativer Ertrag</b>		<b>181 859</b>	<b>177 635</b>	<b>4 224</b>	<b>2%</b>
Personalaufwand	10, 31	121 097	119 429	1 669	1%
Sachaufwand	11	43 371	46 343	-2 972	-6%
Abschreibungen	18, 20	11 522	11 661	-138	-1%
Transferaufwand	12	1 393	160	1 233	771%
<b>Operativer Aufwand</b>		<b>177 384</b>	<b>177 592</b>	<b>-209</b>	<b>0%</b>
<b>Operatives Ergebnis</b>		<b>4 476</b>	<b>43</b>	<b>4 433</b>	<b>10 309%</b>
Finanzergebnis	13	-48	-47	-1	2%
Ergebnis von assoziierten Einheiten und Joint Ventures		-	-	-	0%
<b>Jahresergebnis</b>		<b>4 428</b>	<b>-4</b>	<b>4 432</b>	<b>-110 800%</b>



Die Empa weist für das Jahr 2019 einen Jahresgewinn von 4.4 Mio. Franken aus (2018: Jahresverlust von 4000 Franken).

Die Veränderung ist hauptsächlich auf die um 6.8 Mio. höhere Trägerfinanzierung für 2019 zurückzuführen. Diese Zunahme der Trägerfinanzierung hängt im Wesentlichen damit zusammen, dass in 2019 die Empa 5 Mio. für das Aktionspaket Digitalisierung, in der Rolle als Leading House, erhalten hat. Die Weiterleitung dieser Mittel für den Aufbau eines nationalen Verbundes von regionalen Technologietransferzentren für Fertigungstechnologien erfolgt aber grösstenteils erst in 2020.

Im Jahresergebnis enthalten sind unter anderem Entlastungseffekte von 10.1 Mio. Franken (VJ: 12.6 Mio.) für die Übertragung der Investitionen in die Bilanz. Die Nettovorsorgeverpflichtung (IPSAS 39) hat die Erfolgsrechnung erneut zusätzlich mit 3.8 Mio. belastet (VJ: 5.4 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 0.6 Mio. als Ertragserhöhung (VJ: -3.3 Mio.) für bereits geleistete Projektarbeiten abgegrenzt.

Der operative Ertrag ist mit 181.9 Mio. deutlich höher als im Vorjahr (VJ: 177.6 Mio.). Diese Erhöhung beruht hauptsächlich auf die im Berichtsjahr erhaltenen aber noch nicht weitergeleiteten Mittel für das Aktionspaket Digitalisierung.

Die Erträge aus Forschungsbeiträgen und wissenschaftlichen Dienstleistungen sind projektbedingt um 3.3 Mio. Franken tiefer als im Vorjahr. Die Reduktion der ausgewiesenen Erträge aus Forschungsbeiträgen ist hauptsächlich auf den Abschluss von grösseren Projekten für die Ressortforschung, den Rückgang der erbrachten Leistung für Projekte, die von der Innosuisse gefördert werden, sowie etwas tiefere Erträge für wissenschaftlichen Dienstleistungen zurückzuführen.

Aufgrund der mehrheitlich im 2. Halbjahr 2019 erfolgten Zusprachen für Innosuisseprojekte im Total von 11.5 Mio. (VJ: 6.5 Mio.) erwarten wir für 2020 wieder einen höheren Umsetzungsgrad.

Der Anteil der Trägerfinanzierung (Finanzierungsbeitrag des Bundes inkl. Beitrag an die Unterbringung) beträgt 68.2% (VJ: 66%) des operativen Ertrags. Der Ertrag aus Forschungsbeiträgen und -aufträgen beläuft sich auf 49.2 Mio. (VJ: 52.5 Mio.) nach Bestandsveränderung. Darin enthalten sind wissenschaftliche Dienstleistungen von rund 9.1 Mio. (VJ: 9.5 Mio.). Auf die übrigen Erträge entfallen die restlichen 8 Mio. (VJ: 7.6 Mio.).

Der operative Aufwand ist mit 177.4 Mio. auf Vorjahresniveau (VJ: 177.6) Der Hauptanteil des operativen Aufwands entfällt auf den Personalaufwand mit 121.1 Mio. (VJ: 119.4 Mio.) bzw. 68.3% des operativen Aufwands. Im Sachaufwand von 43.4 Mio. (VJ: 46.3 Mio.) ist auch der Raumaufwand für die durch die Empa genutzten Immobilien im Eigentum des Bundes (13.4 Mio.) enthalten. Das Total der Abschreibungen von 11.5 Mio. ist gegenüber dem Vorjahr geringfügig tiefer (-0.1 Mio.).

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

# Bilanz

TCHF	Anhang	31.12.2019	31.12.2018	Veränderung absolut	%
<b>Umlaufvermögen</b>					
Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen	14	106 455	96 028	10 426	11%
Kurzfristige Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen	15	33 274	35 094	-1 821	-5%
Kurzfristige Forderungen mit zurechenbaren Gegenleistungen	15	4 578	3 396	1 182	35%
Kurzfristige Finanzanlagen und Darlehen	19	40 633	40 387	246	1%
Aktive Rechnungsabgrenzungen	17	1 341	754	587	78%
<b>Total Umlaufvermögen</b>		<b>186 280</b>	<b>175 660</b>	<b>10 620</b>	<b>6%</b>
<b>Anlagevermögen</b>					
Sachanlagen	18	59 343	60 959	-1 616	-3%
Immaterielle Anlagen	18	339	127	211	166%
Langfristige Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen	15	18 981	26 472	-7 491	-28%
Langfristige Finanzanlagen und Darlehen	19	519	318	201	63%
Kofinanzierungen	20	6 848	7 062	-215	-3%
<b>Total Anlagevermögen</b>		<b>86 029</b>	<b>94 938</b>	<b>-8 909</b>	<b>-9%</b>
<b>Total Aktiven</b>		<b>272 309</b>	<b>270 599</b>	<b>1 711</b>	<b>1%</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 10.4 Mio. auf 106.5 Mio. erhöht.

TCHF	Anhang	31.12.2019	31.12.2018	Veränderung absolut	%
<b>Fremdkapital</b>					
Laufende Verbindlichkeiten	21	5 455	5 217	238	5%
Kurzfristige Finanzverbindlichkeiten	22	–	–	–	0%
Passive Rechnungsabgrenzungen	23	5 679	4 885	794	16%
Kurzfristige Rückstellungen	24	5 552	6 488	–936	–14%
<b>Kurzfristiges Fremdkapital</b>		<b>16 686</b>	<b>16 589</b>	<b>96</b>	<b>1%</b>
Zweckgebundene Drittmittel	26	61 279	68 054	–6 774	–10%
Nettovorsorgeverpflichtungen	25	153 111	143 328	9 783	7%
Langfristige Rückstellungen	24	4 759	4 575	184	4%
<b>Langfristiges Fremdkapital</b>		<b>219 149</b>	<b>215 957</b>	<b>3 193</b>	<b>1%</b>
<b>Total Fremdkapital</b>		<b>235 835</b>	<b>232 546</b>	<b>3 289</b>	<b>1%</b>
<b>Eigenkapital</b>					
Bewertungsreserven		–97 544	–91 537	–6 007	7%
Zweckgebundene Reserven		33 383	36 171	–2 787	–8%
Freie Reserven		97 347	85 749	11 599	14%
Kofinanzierungen	20	6 848	7 062	–215	–3%
Bilanzüberschuss (+)/-fehlbetrag (-)		–3 560	608	–4 168	–685%
<b>Total Eigenkapital</b>		<b>36 474</b>	<b>38 053</b>	<b>–1 579</b>	<b>–4%</b>
<b>Total Passiven</b>		<b>272 309</b>	<b>270 599</b>	<b>1 711</b>	<b>1%</b>

Die Leistungsverpflichtungen der Empa für Forschungsprojekte werden als zweckgebundene Drittmittel im langfristigen Fremdkapital aufgeführt. Diese Verpflichtungen haben um 6.8 Mio. abgenommen und belaufen sich auf 61.3 Mio. (VJ: 68.1 Mio.). Die Durchführung der Forschungsvorhaben erfolgt üblicherweise in einem Zeitraum von 2–5 Jahren.

Die Nettovorsorgeverpflichtungen von 153.1 Mio. sind hauptsächlich aufgrund der negativen Performance aus dem Vorsorgevermögen und des etwas höheren Versichertenbestandes gestiegen.

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 sind deshalb um 6 Mio. auf 97.2 Mio. erhöht worden.

# Eigenkapitalnachweis

TCHF

Bewertungsreserven

2019

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

Das Eigenkapital hat sich um 1.6 Mio. auf 36.5 Mio. verringert. Massgebend für die Reduktion war die Erhöhung der Bewertungsreserve für die Nettovorsorgeverpflichtung um 6 Mio.

Das Jahresergebnis für 2019 beträgt 4.4 Mio. (VJ: Jahresverlust von 4000 Franken).

Der im Eigenkapital erfasste Neubewertungsverlust der Nettovorsorgeverpflichtung beträgt 2019 6 Mio. (2018: 17.3 Mio.). Die versicherungsmathematischen Verluste basieren auf geänderten Annahmen für die Berechnung der Nettovorsorgeverpflichtung gemäss IPSAS 39. Dabei war ein wesentlicher Einfluss die tiefere Verzinsung der Altersguthaben (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. Davon verwendet wurden in 2019 6.6 Mio. Die freien Reserven werden geäufnet, um wichtige, geplante grössere Projekte (wie z. B. Neubau Laborgebäude bzw. Umsetzung des Projekts Masterplan, 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 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 3.6 Mio. per 31. Dezember 2019 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>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>

2018	
<b>Stand per 01.01.2018</b>	<b>-73 852</b>
Jahresergebnis	
Direkt im Eigenkapital erfasste Positionen:	
Neubewertung Finanzanlagen	-359
Neubewertung Nettovorsorgeverpflichtungen	-17 326
Total direkt im Eigenkapital erfasste Positionen	-17 685
Zunahme (+)/Abnahme (-) der Reserven	-
<b>Total Veränderungen</b>	<b>-17 685</b>
<b>Stand per 31.12.2018</b>	<b>-91 537</b>

Schenkungen und Legate	Reserve Lehre und Forschung	Zweckgebundene Reserven	Freie Reserven	Kofinanzierungen	Bilanzüberschuss (+) /-fehlbetrag (-)	Total Eigenkapital
<b>1 057</b>	<b>38 341</b>	<b>39 398</b>	<b>78 008</b>	<b>6 782</b>	<b>5 406</b>	<b>55 742</b>
					-4	-4
						-359
						-17 326
						-17 685
-67	-3 160	-3 227	7 740	281	-4 794	-
<b>-67</b>	<b>-3 160</b>	<b>-3 227</b>	<b>7 740</b>	<b>281</b>	<b>-4 797</b>	<b>-17 689</b>
<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>

# Geldflussrechnung

TCHF	Anhang	2019	2018	Veränderung absolut	%
<b>Geldfluss aus operativer Tätigkeit</b>					
Jahresergebnis		4 428	-4	4 432	-110 800%
Abschreibungen	18	11 522	11 661	-138	-1%
Veränderung des Nettoumlaufvermögens		1 084	-1 071	2 155	-201%
Veränderung der Nettovorsorgeverpflichtung	25	3 776	5 409	-1 633	-30%
Veränderung der Rückstellungen	24	-752	282	-1 033	-367%
Veränderung der langfristigen Forderungen	15	7 491	6 892	599	9%
Veränderung der zweckgebundenen Drittmittel	26	-6 774	-7 559	785	-10%
<b>Geldfluss aus operativer Tätigkeit</b>		<b>20 775</b>	<b>15 609</b>	<b>5 167</b>	<b>33%</b>
<b>Geldfluss aus Investitionstätigkeit</b>					
Investitionen					
Zugänge von Sachanlagen	18	-9 731	-12 135	2 404	-20%
Zugänge von immateriellen Anlagen	18	-346	-	-346	0%
Zugänge Kofinanzierung	20	-	-487	487	-100%
Zugänge Darlehen	19	-457	-58	-399	687%
Zugänge kurz- und langfristige Finanzanlagen	19	-48	-150	102	-68%
<b>Total Investitionen</b>		<b>-10 581</b>	<b>-12 830</b>	<b>2 248</b>	<b>-18%</b>

TCHF	Anhang	2019	2018	Veränderung absolut	%
<b>Desinvestitionen</b>					
Abgänge von Sachanlagen	18	174	52	122	235%
Abgänge Darlehen	19	58	–	58	0%
<b>Total Desinvestitionen</b>		<b>232</b>	<b>52</b>	<b>180</b>	<b>346%</b>
<b>Geldfluss aus Investitionstätigkeit</b>		<b>– 10 349</b>	<b>– 12 778</b>	<b>2 429</b>	<b>– 19%</b>
<b>Geldfluss aus Finanzierungstätigkeit</b>					
Aufnahme von kurzfristigen und langfristigen Finanzverbindlichkeiten	22	–	–	–	0%
Rückzahlung von kurzfristigen und langfristigen Finanzverbindlichkeiten	22	–	–	–	0%
<b>Geldfluss aus Finanzierungstätigkeit</b>		<b>–</b>	<b>–</b>	<b>–</b>	<b>0%</b>
<b>Total Geldfluss</b>		<b>10 426</b>	<b>2 831</b>	<b>7 595</b>	<b>268%</b>
Anpassungen aus Restatement per 01.01.		–	–	–	0%
<b>Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen Anfang Periode</b>	<b>14</b>	<b>96 028</b>	<b>93 197</b>	<b>2 831</b>	<b>3%</b>
<b>Total Geldfluss</b>		<b>10 426</b>	<b>2 831</b>		
<b>Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen Ende Periode</b>	<b>14</b>	<b>106 455</b>	<b>96 028</b>	<b>10 426</b>	<b>11%</b>
Davon Währungsdifferenzen auf flüssigen Mitteln und kurzfristigen Geldanlagen		–	–	–	0%
<b>Im Geldfluss aus operativer Tätigkeit enthalten:</b>					
Erhaltene Zinsen		15	13	3	22%
Bezahlte Zinsen		– 1	–	– 1	0%



# 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 2019 bis 31. Dezember 2019. Bilanzstichtag ist der 31. Dezember 2019. 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 6.4)

## 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 folgende Standards neu angewendet:

Standard	Titel	Inkraftsetzung
IPSAS 40	Zusammenschlüsse im öffentlichen Sektor	01.01.2019
Diverse	Änderungen an den IPSAS, 2018	01.01.2019

Der Standard IPSAS 40 wird prospektiv angewendet, wobei im Berichtsjahr kein Zusammenschluss stattgefunden hat. Die Änderungen an den IPSAS 2018 hatten keinen Einfluss auf die Offenlegung im Zusammenhang mit Verbindlichkeiten aus Finanzierungstätigkeiten (s. Anhang Finanzverbindlichkeiten).

## Veröffentlichte, aber noch nicht angewendete IPSAS

Bis zum Bilanzstichtag wurden nachfolgende IPSAS veröffentlicht.

Standard	Titel	Inkraftsetzung
IPSAS 41	Finanzinstrumente (ersetzt IPSAS 29)	01.01.2022
IPSAS 42	Sozialleistungen	01.01.2022
Änderungen in Bezug auf IPSAS 36	Assoziierte Einheit und Joint Ventures	01.01.2019 (zu ergänzen per Dezember 2019)

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 den ETH-Bereich hätten.

### 3 Grundsätze der Bilanzierung und Bewertung

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

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

#### Währungsumrechnung

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

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

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

#### Fremdwährungskurse

Währung	Einheit	Stichtagskurs per		Durchschnittskurs	
		31.12.2019	31.12.2018	2019	2018
EUR	1	1.0866	1.1265	1.1125	1.1549
USD	1	0.9676	0.9855	0.9937	0.9780
GBP	1	1.2828	1.2523	1.2683	1.3055
JPY	1 000	8.9080	8.9600	9.1190	8.8500
SGD	1	0.7190	0.7205	0.7284	0.7250

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

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

Die Erträge werden wie folgt strukturiert:

### Trägerfinanzierung

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

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

Der Unterbringungsbeitrag entspricht dem Unterbringungsanfall, dessen Höhe einer kalkulatorischen Miete für die von der EMPA genutzten Gebäude im Eigentum des Bundes entspricht. Der Unterbringungsanfall 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 projektbezogene Beiträge zu, mit dem Ziel, die Lehre und Forschung zu fördern. Bei Projektfinanzierungen handelt es sich überwiegend um mehrjährige Vorhaben. Je nach Charaktereigenschaft der Beiträge werden diese als Transaktion mit oder ohne zurechenbare Gegenleistung klassifiziert.

### Schenkungen und Legate

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

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

- *Naturalleistungen* (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 Projektschuldsumme 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.

## Sachanlagen

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

## Nutzungsdauer der Anlageklassen

Anlageklasse	Nutzungsdauer Forschungsanstalten
--------------	--------------------------------------

### Immobilien Anlagevermögen

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>
Biotop- und Geotope	unbeschränkt

### Mobilien Anlagevermögen

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 wird von dieser Praxis abgewichen

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 Wertberichtigungsrechnung anhand IPSAS 26 (Wertminderung zahlungsmittelgene-

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

### **Leasing**

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

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

### **Finanzanlagen und Darlehen**

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

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



füßbar» 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 (Agió/Disagio) anhand der Barwertmethode über die Laufzeit der entsprechenden Anlage. Wertberichtigungen werden basierend auf Einzelfallbeurteilungen vorgenommen.

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

### **Als Finanzinvestition gehaltene Immobilien**

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

### **Kofinanzierungen**

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

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

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

### **Laufende Verbindlichkeiten**

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

### **Finanzverbindlichkeiten**

Die Finanzverbindlichkeiten enthalten monetäre Verbindlichkeiten, die aus Finanzierungstätigkeiten entstehen, 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 2019 und anhand der versicherungsmathematischen Annahmen per 31. Dezember 2019 (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 2018 fortgeschrieben. Die Marktwerte des Vorsorgevermögens wurden unter Einbezug der geschätzten Performance per 31. Dezember 2019 eingesetzt.

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

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

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

### 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 Legaten 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.

kungen 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 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 vergangenen Ereignis, dessen Eintreten möglich, jedoch nicht wahrscheinlich ist oder mangels zuverlässiger Messbarkeit nicht bilanziert werden kann (die Kriterien für die Verbuchung einer Rückstellung sind nicht erfüllt).

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

#### **Finanzielle Zusagen**

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

#### **Geldflussrechnung**

Die Geldflussrechnung zeigt die Geldflüsse aus operativer Tätigkeit sowie aus Investitions- und Finanzierungstätigkeit. Die Darstellung erfolgt nach der indirekten Methode. Das heisst, der operative Geldfluss basiert auf dem Jahresergebnis, das um Werteflüsse 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 Lohnentwicklungen 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	2019	2018	Veränderung absolut	%
<b>Finanzierungsbeitrag des Bundes</b>	<b>110 627</b>	<b>101 000</b>	<b>9 627</b>	<b>10%</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 nutzerspe-

zifischen 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 Zunahme gegenüber 2018 ist hauptsächlich auf die zusätzlichen Mittel für den Aufbau eines nationalen Verbundes von regionalen Technologiezentren für Fertigungstechnologien (5 Mio.) und die Weiterentwicklung der Research und Technology Platforms NEST, ehub und Move zurückzuführen (3 Mio.).

### Unterbringungsbeitrag des Bundes

TCHF	2019	2018	Veränderung absolut	%
<b>Beitrag an Unterbringung</b>	<b>13 406</b>	<b>16 277</b>	<b>-2 871</b>	<b>-18%</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 % (2018: 1.75 %).



## 6 Weiterbildung

TCHF	2019	2018	Veränderung absolut	%
<b>Studiengebühren, Weiterbildung</b>	<b>215</b>	<b>201</b>	<b>14</b>	<b>7%</b>

## 7 Forschungsbeiträge, -aufträge und wissenschaftliche Dienstleistungen

TCHF	2019	davon Erträge (IPSAS 23)	davon Erträge (IPSAS 9)	2018	davon Erträge (IPSAS 23)	davon Erträge (IPSAS 9)	Veränderung absolut	%
Schweizerischer Nationalfonds (SNF)	8 179	8 179	–	8 185	8 185	–	–7	0%
Schweizerische Agentur für Innovationsförderung (Innosuisse)	9 221	9 221	–	10 321	10 321	–	–1 099	–11%
Forschung Bund (Ressortforschung)	7 083	4 753	2 330	8 655	6 545	2 110	–1 572	–18%
EU-Forschungsrahmenprogramme (FRP)	6 905	6 905	–	7 322	7 322	–	–417	–6%
Wirtschaftsorientierte Forschung (Privatwirtschaft)	14 847	1 110	13 737	15 840	1 567	14 273	–993	–6%
Übrige projektorientierte Drittmittel (inkl. Kantone, Gemeinden, internationale Organisationen)	2 949	2 484	464	2 169	1 779	390	780	36%
<b>Total Forschungsbeiträge, -aufträge und wissenschaftliche Dienstleistungen</b>	<b>49 184</b>	<b>32 653</b>	<b>16 531</b>	<b>52 492</b>	<b>35 719</b>	<b>16 773</b>	<b>–3 308</b>	<b>–6%</b>

### EU-Forschungsrahmenprogramme (FRP)

davon vom SBF1 finanziert	1 811	1 811	–	3 931	3 931	–	–2 120	–54%
---------------------------	-------	-------	---	-------	-------	---	--------	------

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 um 3.3 Mio. tieferen Erträge sind hauptsächlich auf den Abschluss

von grösseren Projekte der Ressortforschung, den aufgrund der aktuellen Projektphase tieferen Erträge aus Innosuisse-Projekten sowie den etwas tiefere Erträgen für wissenschaftliche Dienstleistungen zurückzuführen. Aufgrund der mehrheitlich im 2. Halbjahr 2019 erfolgten Zusprachen für Innosuisse-Projekte im Total von 11.5 Mio. (VJ: 6.5 Mio.) erwarten wir für 2020 wieder einen höheren Umsetzungsgrad.

In der wirtschaftsorientierten Forschung sind u. a. die wissenschaftlichen Dienstleistungen mit 9.1 Mio. (VJ: 9.5 Mio.) und die Cash-Beiträge der Industrie für Innosuisse-Projekte in der Höhe von 0.8 Mio. (VJ: 0.8 Mio.) enthalten. Die Zunahme in den übrigen projektorientierten Drittmittel um 0.8 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	2019	2018	Veränderung absolut	%
<b>Schenkungen und Legate</b>	<b>382</b>	<b>55</b>	<b>327</b>	<b>595%</b>

Die Empa hat 2019 Schenkungen in der Höhe von 0.4 Mio. Franken erhalten.

### In-kind Leistungen

In 2019 hat die Empa keine wesentlichen In-kind Leistungen erhalten.

## 9 Übrige Erträge

TCHF	2019	2018	Veränderung absolut	%
Lizenzen und Patente	630	318	312	98%
Verkäufe	41	103	-62	-60%
Rückerstattungen	432	592	-159	-27%
Übrige Dienstleistungen	321	389	-68	-18%
Liegenschaftsertrag	1 955	1 781	174	10%
Erträge aus Nutzungsüberlassung Immobilien Bund	197	496	-299	-60%
Gewinne aus Veräusserungen (Sachanlagen)	98	6	91	1 533%
Übriger verschiedener Ertrag	4 372	3 926	446	11%
<b>Total Übrige Erträge</b>	<b>8 045</b>	<b>7 610</b>	<b>435</b>	<b>6%</b>

Im Vergleich zum Vorjahr haben die Lizenzeinnahmen um 0.3 Mio. zugenommen (+98%). 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 (0.8 Mio.), dem Guesthouse (1.1 Mio.) und von Parkplätzen (0.3 Mio.). Da für die Erträge aus Nutzenüberlassung Immobilien Bund in 2019 die Berechnungsmethode umgestellt wurde, fiel der berechnete Abgabebetrag für 2019 um 0.3 Mio. tiefer aus (s. Anhang 11). Die übrigen Erträge umfassen im Berichtsjahr vor allem die Intercompany-Verrechnungen im ETH-Bereich. Darin sind in 2019 zusätzliche Erlöse für die Weiterverrechnung für das gemeinsame SAP Migrationsprojekt der 4 Forschungsanstalten sowie für die Zusammenarbeit im Logistikbereich angefallen.

## 10 Personalaufwand

TCHF	2019	2018	Veränderung absolut	%
Professorinnen und Professoren	–	–	–	0%
Wissenschaftliches Personal	55 675	52 844	2 831	5%
Technisch-administratives Personal, Lernende, Praktikantinnen und Praktikanten	41 279	40 443	836	2%
EO, Suva und sonstige Rückerstattungen	–436	–345	–91	26%
<b>Total Personalbezüge</b>	<b>96 517</b>	<b>92 942</b>	<b>3 576</b>	<b>4%</b>
Sozialversicherung AHV/ALV/IV/EO/MuV	5 994	5 776	219	4%
Nettovorsorgeaufwand	15 884	16 736	–852	–5%
Unfall- und Krankenversicherung Suva (BU/NBU/KTG)	346	364	–18	–5%
Arbeitgeberbeitrag an die Familienausgleichskasse (FAK/FamZG)	1 159	1 104	56	5%
<b>Total Sozialversicherungen und Vorsorgeaufwand</b>	<b>23 383</b>	<b>23 980</b>	<b>–596</b>	<b>–2%</b>
Übrige Arbeitgeberleistungen	17	85	–68	–80%
Temporäres Personal	35	35	1	2%
Veränderung Rückstellungen für Ferien und Überzeit	–850	10	–860	–8 600%
Veränderung Rückstellungen für anwartschaftliche Dienstaltersgeschenke	184	215	–31	–14%
Übriger Personalaufwand	1 811	2 163	–352	–16%
<b>Total Personalaufwand</b>	<b>121 097</b>	<b>119 429</b>	<b>1 669</b>	<b>1%</b>

Der Personalaufwand hat um 1 % auf 121.1 Mio. zugenommen. Die Erhöhung bei den Personalbezügen im wissenschaftlichen Bereich ist auf die projektbezogenen Anstellungen zurückzuführen. Die vom ETH-Rat beschlossenen Lohnmassnahmen betragen für 2019 1.2 % sowie eine Teuerungsentschädigung von 0.8 %. Die detaillierte Zusammensetzung des Nettovorsorgeaufwands wird ausführlich im Anhang 25 Nettovorsorgeverpflichtung dargestellt. Die Rückstellung für Ferien und Überzeit haben im Vergleich zum Vorjahr um 0.9 Mio. abgenommen.

## 11 Sachaufwand

TCHF	2019	2018	Veränderung absolut	%
Material- und Warenaufwand	5 851	6 341	-490	-8%
Raumaufwand	19 284	21 838	-2 554	-12%
Übriger Betriebsaufwand	18 236	18 163	72	0%
<b>Total Sachaufwand</b>	<b>43 371</b>	<b>46 343</b>	<b>-2 972</b>	<b>-6%</b>

Der Sachaufwand ist mit 43.4 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 0.5 Mio. abgenommen. Die im übrigen Betriebsaufwand enthaltenen Informatikaufwendungen haben vor allem aufgrund der Migration der SAP Systeme zu einem neuen Provider um 0.4 Mio. zugenommen.

## 12 Transferaufwand

TCHF	2019	2018	Veränderung absolut	%
Übriger Transferaufwand	1 393	160	1 233	769%
<b>Total Transferaufwand</b>	<b>1 393</b>	<b>160</b>	<b>1 233</b>	<b>769%</b>

Im Transferaufwand weisen wir nur Beiträge der Empa für Forschungsprojekte aus, die nicht im Rahmen einer Leading House-Funktion der Empa weitergeleitet werden. 2019 haben wir im Rahmen des Aktionspakets Digitalisierung des BFI 1.3 Mio. an die Swiss m4m Center AG weitergeleitet.



## 13 Finanzergebnis

TCHF	2019	2018	Veränderung absolut	%
<b>Finanzertrag</b>				
Zinsertrag	15	13	2	15%
Beteiligungsertrag	–	–	–	0%
Verkehrswertanpassungen Finanzanlagen	–	–	–	0%
Fremdwährungsgewinne	105	146	–41	–28%
Übriger Finanzertrag	–	–	–	0%
<b>Total Finanzertrag</b>	<b>120</b>	<b>159</b>	<b>–39</b>	<b>–24%</b>
<b>Finanzaufwand</b>				
Zinsaufwand	1	–	1	0%
Übrige Finanzierungskosten für Fremdkapitalbeschaffung	–	–	–	0%
Verkehrswertanpassungen Finanzanlagen	–	–	–	0%
Fremdwährungsverluste	160	198	–38	–19%
Wertberichtigung Darlehen und Festgelder	–	–	–	0%
Übriger Finanzaufwand	7	8	–1	–13%
<b>Total Finanzaufwand</b>	<b>168</b>	<b>205</b>	<b>–38</b>	<b>–18%</b>
<b>Total Finanzergebnis</b>	<b>–48</b>	<b>–47</b>	<b>–1</b>	<b>2%</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	31.12.2019	31.12.2018	Veränderung absolut	%
Kasse	51	78	-26	-34%
Post	18 403	13 951	4 453	32%
Kurzfristige Geldanlagen (< 90 Tage)	88 000	82 000	6 000	7%
<b>Total Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen</b>	<b>106 455</b>	<b>96 028</b>	<b>10 426</b>	<b>11%</b>

Der Bestand an flüssigen Mitteln und kurzfristigen Geldanlagen hat im Vergleich zum Vorjahr um 10.4 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 (Neubau eines Laborgebäudes, Sanierung bestehendes Laborgebäude und Erweiterung RTTPs) verwendet werden.

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

## 15 Forderungen

TCHF	31.12.2019	31.12.2018	Veränderung absolut	%
<b>Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen</b>				
Forderungen aus Projektgeschäft und Zuwendungen	52 255	61 566	-9 311	-15%
Sonstige Forderungen	-	-	-	0%
Wertberichtigungen	-	-	-	0%
<b>Total Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen</b>	<b>52 255</b>	<b>61 566</b>	<b>-9 311</b>	<b>-15%</b>
davon kurzfristig	33 274	35 094	-1 821	-5%
davon langfristig	18 981	26 472	-7 491	-28%
<b>Forderungen mit zurechenbaren Gegenleistungen</b>				
Forderungen aus Lieferungen und Leistungen	4 613	3 553	1 060	30%
Sonstige Forderungen	2	5	-3	-60%
Wertberichtigungen	-38	-162	124	-77%
<b>Total Forderungen mit zurechenbaren Gegenleistungen</b>	<b>4 578</b>	<b>3 396</b>	<b>1 182</b>	<b>35%</b>
davon kurzfristig	4 578	3 396	1 182	35%
davon langfristig	-	-	-	0%

Die Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistung (IPSAS 23) sind projektorientiert und können sich aufgrund der sehr unterschiedlichen Projektvertragswerte im Vergleich zum Vorjahr erheblich verändern. Die Abnahme der Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen um 9.3 Mio. ist zum grössten Teil auf einen Rückgang der Zusprachen der Ressortforschung zurückzuführen.

## Fälligkeit der Forderungen

TCHF	Total Forderungen	Nicht überfällig	Überfällig bis 90 Tage	Überfällig 91 bis 180 Tage	Überfällig über 180 Tage
<b>31.12.2019</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				
<b>31.12.2018</b>					
<b>Bruttowert</b>	<b>65 125</b>	<b>63 616</b>	<b>1 241</b>	<b>74</b>	<b>193</b>
Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen	61 566	60 828	738	–	–
Forderungen mit zurechenbaren Gegenleistungen	3 558	2 788	503	74	193
Wertberichtigungen	–162	–	–	–60	–102
<b>Davon Einzelwertberichtigung</b>	<b>–</b>				

## 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	31.12.2019	31.12.2018	Veränderung absolut	%
Abgrenzung vorausbezahlter Aufwendungen	651	216	435	201%
Übrige aktive Rechnungsabgrenzungen	690	538	152	28%
<b>Total Aktive Rechnungsabgrenzungen</b>	<b>1 341</b>	<b>754</b>	<b>587</b>	<b>78%</b>



## 18 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		

Zu den grösseren Investitionen 2019 in den technischen Betriebseinrichtungen gehören unter vielen anderen ein Röntgendiffraktometer und ein Kühlsystem für 0.6 Mio, ein Rasterelektronenmikroskop mit 0.2 Mio., die NEST Units «HiLo» mit 1.1 Mio. und «dfab» mit 0.5 Mio.

Die immateriellen Anlagen enthalten aktivierte Lizenzen, Patente, Rechte, Software und Nutzungsrechte. Die Zugänge im Geschäftsjahr 2019 umfassen vor allem den Ausbau der Storage Software für 0.3 Mio.

Bei den Mieterausbauten (Spalte Grundstücke, Gebäude) von 1.2 Mio. handelt es sich um Teile des Projekts Energie Areal Empa/Eawag mit 0.8 Mio. sowie weitere nutzerspezifische Mieterausbauten.

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

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>
-	-	-	-	-	-	-

## Sachanlagen und immaterielle Anlagen

TCHF	Technische Betriebs- einrichtungen, Maschinen, Geräte, Möbiliar, Fahrzeuge	Informatik und Kommunikation
<b>Anschaffungswerte</b>		
<b>Stand per 01.01.2018</b>	<b>120 120</b>	<b>5 415</b>
Zugänge	7 612	33
Umgliederungen	3 709	–
Abgänge	–299	–12
<b>Stand per 31.12.2018</b>	<b>131 143</b>	<b>5 436</b>
<b>Kumulierte Wertberichtigungen</b>		
<b>Stand per 01.01.2018</b>	<b>75 766</b>	<b>4 488</b>
Abschreibungen	9 547	467
Wertminderungen	–	–
Zuschreibungen	–	–
Umgliederungen	–	–
Abgänge Wertberichtigungen	–247	–12
<b>Stand per 31.12.2018</b>	<b>85 066</b>	<b>4 943</b>
<b>Bilanzwert per 31.12.2018</b>	<b>46 077</b>	<b>493</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>4 503</b>	<b>130 039</b>	<b>12 476</b>	<b>402</b>	<b>12 878</b>	<b>142 916</b>	<b>510</b>
2 694	10 339	1 569	226	1 796	12 135	–
–3 709	–	402	–402	–	–	–
–	–311	–	–	–	–311	–
<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>
–	<b>80 254</b>	<b>2 502</b>	–	<b>2 502</b>	<b>82 756</b>	<b>212</b>
–	10 013	1 271	–	1 271	11 284	170
–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	–	–
–	–259	–	–	–	–259	–
–	<b>90 009</b>	<b>3 773</b>	–	<b>3 773</b>	<b>93 781</b>	<b>382</b>
<b>3 488</b>	<b>50 058</b>	<b>10 674</b>	<b>226</b>	<b>10 901</b>	<b>60 959</b>	<b>127</b>
–	–	–	–	–	–	–

## 19 Finanzanlagen und Darlehen

TCHF	31.12.2019	31.12.2018	Veränderung absolut	%
<b>Kurzfristige Finanzanlagen und Darlehen</b>				
Übrige Finanzanlagen	39 929	39 929	–	0%
Darlehen	704	458	246	54%
<b>Total Kurzfristige Finanzanlagen und Darlehen</b>	<b>40 633</b>	<b>40 387</b>	<b>246</b>	<b>1%</b>
<b>Langfristige Finanzanlagen und Darlehen</b>				
Übrige Finanzanlagen	366	318	48	15%
Darlehen	153	–	153	0%
<b>Total Langfristige Finanzanlagen und Darlehen</b>	<b>519</b>	<b>318</b>	<b>201</b>	<b>63%</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.

Ein kurzfristiges Darlehen von 0.1 Mio. Franken musste infolge Konkurs der Gesellschaft in 2016 zu 100% wertberichtigt werden. Ansonsten bestehen keine weiteren überfälligen Darlehen.



## 20 Kofinanzierungen

TCHF	2019	2018	Veränderung absolut	%
<b>Anschaffungswerte</b>				
<b>Stand per 01.01.</b>	<b>7 475</b>	<b>6 988</b>	<b>487</b>	<b>7%</b>
Zugänge	–	487	–487	–100%
Abgänge	–	–	–	–
<b>Stand per 31.12.</b>	<b>7 475</b>	<b>7 475</b>	<b>–</b>	<b>0%</b>
<b>Kumulierte Wertberichtigungen</b>				
<b>Stand per 01.01.</b>	<b>412</b>	<b>206</b>	<b>206</b>	<b>100%</b>
Abschreibungen	215	206	8	4%
Abgänge	–	–	–	–
<b>Stand per 31.12.</b>	<b>627</b>	<b>412</b>	<b>215</b>	<b>52%</b>
<b>Bilanzwert per 31.12.</b>	<b>6 848</b>	<b>7 062</b>	<b>–215</b>	<b>–3%</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	31.12.2019	31.12.2018	Veränderung absolut	%
Verbindlichkeiten aus Lieferungen und Leistungen	972	1 501	-528	-35%
Verbindlichkeiten gegenüber Sozialversicherungen	2 478	1 762	716	41%
Übrige laufende Verbindlichkeiten	2 004	1 954	50	3%
<b>Total Laufende Verbindlichkeiten</b>	<b>5 455</b>	<b>5 217</b>	<b>238</b>	<b>5%</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 Empa alle mit dem Eigentum verbundenen Risiken und Chancen übernimmt.

## 23 Passive Rechnungsabgrenzungen

TCHF	31.12.2019	31.12.2018	Veränderung absolut	%
Abgrenzung vorrauserhaltener Erträge	3 992	3 116	876	28%
Übrige passive Rechnungsabgrenzungen	1 687	1 768	-82	-5%
<b>Total Passive Rechnungsabgrenzungen</b>	<b>5 679</b>	<b>4 885</b>	<b>794</b>	<b>16%</b>

Die Abgrenzungen für vorrauserhaltene Erträge in der Höhe von 4 Mio. (VJ: 3.1 Mio.) enthalten hauptsächlich die Ertragsabgrenzungen für Verträge gemäss IPSAS 9 (z. B. Auftragsforschung, wissenschaftliche Dienstleistungen).

## 24 Rückstellungen

### Überblick

TCHF	31.12.2019	31.12.2018	Veränderung absolut	%
Rückstellungen für Ferien und Überzeit	5 300	6 150	-850	-14%
Andere fällige Leistungen nach IPSAS 39	4 759	4 575	184	4%
Rechtsfälle	242	320	-78	-24%
Andere Rückstellungen	10	18	-8	-43%
<b>Total Rückstellungen</b>	<b>10 311</b>	<b>11 063</b>	<b>-752</b>	<b>-7%</b>

Die Rückstellungen für noch nicht bezogene Ferien und Überzeitschädigungen der Mitarbeitenden in der Höhe von 5.3 Mio. konnten um 0.9 Mio. abgebaut werden. Die anderen fälligen Leistungen nach IPSAS 39 beinhalten die erworbenen Dienstaltersgeschenke/Treueprämien, die durch unabhängige Aktuar mittels der Projected-Unit-Credit-Methode bewertet werden und betragen im Berichtsjahr 4.8 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 01.01.2019</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

<b>Stand per 01.01.2018</b>	<b>6 140</b>	<b>4 360</b>	–	–	–	<b>281</b>	<b>10 781</b>
Bildung	10	1 019	–	–	320	18	1 367
Auflösung	–	–	–	–	–	–222	–222
Verwendung	–	–804	–	–	–	–59	–863
Umgliederungen	–	–	–	–	–	–	–
Anstieg des Barwerts	–	–	–	–	–	–	–
<b>Stand per 31.12.2018</b>	<b>6 150</b>	<b>4 575</b>	–	–	<b>320</b>	<b>18</b>	<b>11 063</b>
davon kurzfristig	6 150	–	–	–	320	18	6 488
davon langfristig	–	4 575	–	–	–	–	4 575

## 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 jedoch 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 105.7% (VJ: 101.8 %, definitiv). Der provisorische ökonomische Deckungsgrad des Vorsorgewerks ETH-Bereich bei PUBLICA betrug per Ende Jahr 87.2 % (VJ: 84.7 %, definitiv).

### Besondere Ereignisse

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

### Nettovorsorgeverpflichtungen

TCHF	31.12.2019	31.12.2018
Barwert der Vorsorgeverpflichtungen	-632 660	-579 677
Vorsorgevermögen zu Marktwerten	479 549	436 349
<b>Bilanzierte Nettovorsorgeverpflichtungen</b>	<b>-153 111</b>	<b>-143 328</b>

Die Zunahme der Nettovorsorgeverpflichtung um 9.8 Mio. oder 6.8 % auf geht hauptsächlich auf den negativen Diskontierungszinssatz von -0.2% (VJ: +0.3%) sowie des höheren Versichertenbestandes zurück.

## Nettovorsorgeaufwand

TCHF	2019	2018
Laufender Dienstzeitaufwand des Arbeitgebers	15 387	15 804
Nachzuverrechnender Dienstzeitaufwand	–	772
Gewinne (-)/Verluste (+) aus Planabgeltungen	–	–
Zinsaufwand aus Vorsorgeverpflichtungen	1 742	1 733
Zinsertrag aus Vorsorgevermögen	–1 307	–1 363
Verwaltungskosten (exkl. Vermögensverwaltungskosten)	251	244
Andere	–	–
<b>Total Nettovorsorgeaufwand inkl. Zinsaufwand, erfasst in der Erfolgsrechnung</b>	<b>16 073</b>	<b>17 190</b>

Der Nettovorsorgeaufwand der Empa für das Berichtsjahr beträgt 16.1 Mio. (VJ: 17.2 Mio.). Davon beziehen sich keiner auf Vorsorgepläne ausserhalb des Vorsorgewerks ETH-Bereich bei PUBLICA.

Der laufende Dienstzeitaufwand hat um 0.4 Mio. abgenommen. Dieser Wert wird auf den Vorjahres-Versichertenbeständen (per 31.10.2018) und Vorjahresannahmen berechnet. Zwar stieg der Versichertenbestand an, aber die veränderten Annahmen 2018 gegenüber 2017 (Abnahme Projektionszins) führten letztlich zu einer Abnahme des Dienstzeitaufwands.

Der Zinsaufwand aus den Vorsorgeverpflichtungen ist praktisch konstant geblieben, der Zinsertrag aus dem Vorsorgevermögen hat etwas abgenommen. Diese minimalen Änderungen sind auf den konstanten Diskontierungszinssatz per 01.01. zurückzuführen (2019: 0,3 % vs. 2018: 0,3 %).

Im Berichtsjahr wurden Einlagen in Höhe von 3.5 Mio. vom ETH-Rat an das Vorsorgewerk ETH-Bereich übertragen. In der aktuarischen Berechnung wird dieser Betrag anteilmässig für die Empa (0.2 Mio.) als Arbeitgeberbeitrag berücksichtigt. Sie führt zu einer Differenz zum effektiv verbuchten Nettovorsorgeaufwand, da die interne Weiterverrechnung buchhalterisch nicht erfolgen kann.

Für das kommende Geschäftsjahr werden Arbeitgeberbeiträge im Umfang von 11.9 Mio. sowie Arbeitnehmerbeiträge in Höhe von 6.6 Mio. erwartet.

## Im Eigenkapital erfasste Neubewertung

TCHF	31.12.2019	31.12.2018
Versicherungsmathematische Gewinne (-) und Verluste (+)		
aus Änderung der finanziellen Annahmen	41 813	-2 331
aus Änderung der demografischen Annahmen	-	-1 994
aus Erfahrungsänderung	7 384	3 534
Ertrag aus Vorsorgevermögen exkl. Zinsertrag (Gewinne (-)/Verluste (+))	-43 190	18 117
<b>Im Eigenkapital erfasste Neubewertung</b>	<b>6 007</b>	<b>17 326</b>
<b>Kumulierter Betrag der im Eigenkapital erfassten Neubewertung (Gewinn (-)/Verlust (+))</b>	<b>97 200</b>	<b>91 193</b>

Der im Eigenkapital erfasste Neubewertungsverlust beträgt 2019 6 Mio. (VJ: 17.3 Mio.). Dies ergibt einen total aufgelaufenen Verlust per 31. Dezember 2019 von von 97.2 Mio. (VJ: 91.2 Mio.).

Die versicherungsmathematischen Verluste aus Änderungen der finanziellen Annahmen resultieren aus der Reduktion des Diskontierungszinsatzes (von 0.3 % auf -0.2 %) und wurde durch die gesunkene Verzinsung der Altersguthaben (von 0.3 % auf 0.0 %) leicht abgeschwächt. Der im Eigenkapital erfasste Ertrag aus Vorsorgevermögen ist auf die höhere erwirtschaftete, positive Rendite von über 9 % im Vergleich zur erwarteten Rendite (entspricht Diskontierungszinssatz von 0.3 %) zurückzuführen.

## Entwicklung des Barwerts der Vorsorgeverpflichtungen

TCHF	2019	2018
<b>Barwert der Vorsorgeverpflichtungen Stand per 01.01.</b>	<b>579 677</b>	<b>576 353</b>
Laufender Dienstzeitaufwand des Arbeitgebers	15 387	15 804
Zinsaufwand aus Vorsorgeverpflichtungen	1 742	1 733
Arbeitnehmerbeiträge	6 831	6 255
Ein- (+) und ausbezahlte (-) Leistungen	-20 174	-20 449
Nachzuverrechnender Dienstzeitaufwand	-	772
Versicherungsmathematische Gewinne (-)/Verluste (+)	49 197	-791
<b>Barwert der Vorsorgeverpflichtungen Stand per 31.12.</b>	<b>632 660</b>	<b>579 677</b>

Die gewichtete durchschnittliche Laufzeit aus den leistungsorientierten Vorsorgeverpflichtungen beläuft sich per 31. Dezember 2019 auf 15.3 Jahre (2018: 14.6 Jahre).

## Entwicklung des Vorsorgevermögens

TCHF	2019	2018
<b>Vorsorgevermögen zu Marktwerten Stand per 01.01.</b>	<b>436 349</b>	<b>455 760</b>
Zinsertrag aus Vorsorgevermögen	1 307	1 363
Arbeitgeberbeiträge	12 297	11 781
Arbeitnehmerbeiträge	6 831	6 255
Ein- (+) und ausbezahlte (-) Leistungen	-20 174	-20 449
Verwaltungskosten (exkl. Vermögensverwaltungskosten)	-251	-244
Ertrag aus Vorsorgevermögen exkl. Zinsertrag (Gewinne (+)/Verluste (-))	43 190	-18 117
<b>Vorsorgevermögen zu Marktwerten Stand per 31.12.</b>	<b>479 549</b>	<b>436 349</b>

Das Vorsorgevermögen nahm gegenüber dem Vorjahr um 43.2 Mio. CHF zu. Diese Entwicklung ist primär auf den Ertrag aus dem Vorsorgevermögen zurückzuführen. Die erwartete Rendite von + 1.3 Mio. (Zinsertrag aus Vorsorgevermögen) wurde auf Basis des Diskontierungszinssatzes von 0.3% gerechnet. Die effektiv erwirtschaftete, positive Rendite (prov. Performance PUBLICA) beträgt jedoch 9.19%. Die Vermögens-

gewinne im Betrag von 43.2 Mio. wurden über das Eigenkapital verbucht, damit ein tatsächlicher Ertrag aus Planvermögen von 44.5 Mio. CHF 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	2019	2018
<b>Nettovorsorgeverpflichtungen Stand per 01.01.</b>	<b>-143 328</b>	<b>-120 593</b>
Nettovorsorgeaufwand inkl. Zinsaufwand, erfasst in der Erfolgsrechnung	-16 073	-17 190
Im Eigenkapital erfasste Neubewertung	-6 007	-17 326
Arbeitgeberbeiträge	12 297	11 781
<b>Nettovorsorgeverpflichtungen Stand per 31.12.</b>	<b>-153 111</b>	<b>-143 328</b>



## Hauptkategorien des Vorsorgevermögens (in Prozent)

Prozent	Kotiert	Nicht kotiert	31.12.2019	Kotiert	Nicht kotiert	31.12.2018
Flüssige Mittel	5	–	6	3	–	2
Obligationen (in CHF) Eidgenossenschaft	6	–	5	7	–	6
Obligationen (in CHF) ex Eidgenossenschaft	12	–	10	13	–	12
Staatsanleihen (in Fremdwährungen)	29	–	26	28	–	26
Unternehmensanleihen (in Fremdwährungen)	12	–	11	15	–	14
Hypotheken	–	–	–	–	–	–
Aktien	30	–	27	31	–	28
Immobilien	3	53	8	1	65	7
Rohstoffe	3	–	2	2	–	2
Andere	–	47	5	–	35	3
<b>Total Vorsorgevermögen</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

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

Es sind keine vom Arbeitgeber genutzten Immobilien des Vorsorgewerks bekannt.

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

Prozent	2019	2018
Diskontierungszinssatz per 01.01.	0.30	0.30
Diskontierungszinssatz per 31.12.	-0.20	0.30
Erwartete Lohnentwicklung	0.50	0.50
Erwartete Rentenentwicklung	0.00	0.00
Verzinsung der Altersguthaben	0.00	0.30
Lebenserwartung im Alter 65 – Frauen (Anzahl Jahre)	24.65	24.54
Lebenserwartung im Alter 65 – Männer (Anzahl Jahre)	22.61	22.50

Der Diskontierungszinssatz basiert auf den monatlich von der Schweizerischen Nationalbank publizierten Kassazinssätzen von Bundesobligationen und den erwarteten Kapitalflüssen des Vorsorgewerks ETH-Bereich bei PUBLICA gemäss Bestandsdaten des Vorjahrs. Die erwartete künftige Lohnentwicklung basiert auf volkswirtschaftlichen Referenzgrössen. Die Rentenentwicklung entspricht der aufgrund der finanziellen Lage der Pensionskasse für die durchschnittliche Restlaufzeit erwarteten Rentenentwicklung. Für die Annahme der Lebenserwartung werden die Generationentafeln BVG 2015 angewendet.

## Sensitivitätsanalyse (Veränderung auf Barwert der Vorsorgeverpflichtung)

TCHF	31.12.2019		31.12.2018	
	Erhöhung Annahme	Verminderung Annahme	Erhöhung Annahme	Verminderung Annahme
Diskontierungszinssatz (Veränderung +/- 0,25%)	-23 403	25 025	-20 411	21 782
Erwartete Lohnentwicklung (Veränderung +/- 0,25%)	2 339	-2 273	2 029	-1 980
Erwartete Rentenentwicklung (Veränderung +/- 0,25%)	19 835	n/a	17 247	n/a
Verzinsung der Altersguthaben (Veränderung +/- 0,25%)	3 578	n/a	3 283	-3 215
<b>Lebenserwartung (Veränderung +/- 1 Jahr)</b>	<b>24 030</b>	<b>-24 294</b>	<b>20 803</b>	<b>-21 128</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 und die Annahmen zur Lohnentwicklung wurden um fixe Prozentpunkte erhöht bzw. gesenkt. Die Annahmen zur Rentenentwicklung und zur Verzinsung des Altersguthabens wurden für das Berichtsjahr erhöht und nicht gesenkt, da eine Kürzung der Rentenleistung resp. der Verzinsung des Altersguthabens nicht möglich ist. Die Sensitivität auf die Lebenserwartung wurde berechnet, indem die Lebenserwartung mit einem pauschalen Faktor gesenkt bzw. erhöht wurde, sodass die Lebenserwartung für die meisten Alterskategorien um rund ein Jahr erhöht bzw. reduziert wurde.

## 26 Zweckgebundene Drittmittel

TCHF	31.12.2019	31.12.2018	Veränderung absolut	%
Forschungsbeiträge Schweizerischer Nationalfonds (SNF)	17 815	19 482	- 1 667	-9%
Forschungsbeiträge Schweizerische Agentur für Innovationsförderung (Innosuisse)	13 903	11 776	2 127	18%
Forschungsbeiträge Europäische Union (EU)	13 246	14 974	-1 728	-12%
Forschungsbeiträge Bund (Ressortforschung)	6 654	11 086	-4 432	-40%
Forschungsbeiträge wirtschaftsorientierte Forschung (Privatwirtschaft)	3 717	3 861	-144	-4%
Forschungsbeiträge übrige projektorientierte Drittmittel	5 944	6 874	-930	-14%
<b>Total Zweckgebundene Drittmittel</b>	<b>61 279</b>	<b>68 054</b>	<b>-6 774</b>	<b>-10%</b>

Die Leistungsverpflichtungen der Empa für Forschungsprojekte (IPSAS 23; z. B. Forschungsbeiträge) werden zweckgebunden im langfristigen Fremdkapital aufgeführt. Diese Verpflichtungen haben um 6.8 Mio. abgenommen und belaufen sich auf 61.3 Mio. Die Abnahme von 4.4 Mio. bei der Ressortforschung ist auf den Abschluss von grösseren Projekte (wie BAZL und ASTRA) zurückzuführen. 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 Gegenparteien
<b>31.12.2019</b>							
Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen	106 455	88 051	–	–	–	18 403	–
Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen	52 255	7 331	10 324	25 919	–	–	8 681
Forderungen mit zurechenbaren Gegenleistungen	4 578	2 354	–	–	–	–	2 224
Finanzanlagen und Darlehen	41 152	39 929	–	–	–	–	1 222
Aktive Rechnungsabgrenzungen	690	–	–	–	–	–	690
<b>Total</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>
<b>31.12.2018</b>							
<b>Total Vorperiode</b>	<b>202 234</b>	<b>135 848</b>	<b>12 044</b>	<b>26 390</b>	<b>–</b>	<b>13 951</b>	<b>14 002</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>31.12.2019</b>					
<b>Nicht derivative finanzielle Verbindlichkeiten</b>					
Laufende Verbindlichkeiten	5 455	5 455	5 455	–	–
Leasingverbindlichkeiten	–	–	–	–	–
Finanzverbindlichkeiten	–	–	–	–	–
Passive Rechnungsabgrenzungen	1 687	1 687	1 687	–	–
<b>Derivative finanzielle Verbindlichkeiten</b>					
	–	–	–	–	–
<b>Total</b>	<b>7 142</b>	<b>7 142</b>	<b>7 142</b>	<b>–</b>	<b>–</b>
<b>31.12.2018</b>					
<b>Total Vorperiode</b>	<b>6 985</b>	<b>6 985</b>	<b>6 985</b>	<b>–</b>	<b>–</b>

## Sensitivität Fremdwährungsrisiko

TCHF

	Total	CHF	EUR
Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen	106 455	103 860	2 280
Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen	52 255	42 745	9 005
./. IPSAS 23 Forderungen mit Fremdkapitalkomponente	-50 900	-41 435	-9 005
Forderungen mit zurechenbaren Gegenleistungen	4 578	4 406	162
Finanzanlagen und Darlehen	41 152	41 152	-
Aktive Rechnungsabgrenzungen	690	690	-
<b>Total</b>	<b>154 229</b>	<b>151 417</b>	<b>2 441</b>
Laufende Verbindlichkeiten	5 455	5 221	227
Passive Rechnungsabgrenzungen	1 687	1 325	355
<b>Total</b>	<b>7 142</b>	<b>6 546</b>	<b>582</b>
<b>Währungsbilanz netto</b>	<b>147 087</b>	<b>144 871</b>	<b>1 859</b>
Erfolgswirksame Sensitivität +/- 10%			186
Stichtagskurs			1.0866

31.12.2019						31.12.2018	
USD	Übrige	Total	CHF	EUR	USD	Übrige	
315	–	96 028	94 427	1 072	530	–	
505	–	61 566	51 268	9 556	743	–	
–460	–	–58 165	–48 017	–9 416	–732	–	
9	1	3 396	2 811	522	62	2	
–	–	40 705	40 705	–	–	–	
–	–	538	538	–	–	–	
<b>369</b>	<b>1</b>	<b>144 069</b>	<b>141 731</b>	<b>1 734</b>	<b>602</b>	<b>2</b>	
5	2	5 217	4 785	387	25	21	
7	–	1 768	1 540	228	–	–	
<b>12</b>	<b>2</b>	<b>6 985</b>	<b>6 325</b>	<b>615</b>	<b>25</b>	<b>21</b>	
<b>357</b>	<b>–1</b>	<b>137 084</b>	<b>135 406</b>	<b>1 119</b>	<b>577</b>	<b>–19</b>	
36				112	58		
0.9676				1.1265	0.9855		

## 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 zu-rechenbare 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	Total Verkehrswert
31.12.2019						
Flüssige Mittel und kurzfristige Geldanlagen	106 455	–	–	–	106 455	106 455
Forderungen ohne zurechenbare Gegenleistungen	52 255	–	–	–	52 255	52 255
Forderungen mit zurechenbaren Gegenleistungen	4 578	–	–	–	4 578	4 578
Finanzanlagen und Darlehen	40 786	–	366	–	41 152	41 152
Aktive Rechnungsabgrenzungen	690	–	–	–	690	690
Laufende Verbindlichkeiten	–	–	–	5 455	5 455	5 455
Verbindlichkeiten aus Finanzierungsleasing	–	–	–	–	–	–
Übrige Finanzverbindlichkeiten	–	–	–	–	–	–
Passive Rechnungsabgrenzungen	–	–	–	1 687	1 687	1 687
Finanzielle Verbindlichkeiten *	–	–	–	7 142	7 142	7 142
31.12.2018						
Finanzvermögen **	201 915	–	318	–	202 233	202 233
Finanzielle Verbindlichkeiten *	–	–	–	6 985	6 985	6 985

\* 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	31.12.2019			31.12.2018				
	Buchwert/ Verkehrswert	Level 1	Level 2	Level 3	Buchwert/ Verkehrswert	Level 1	Level 2	Level 3
Finanzanlagen	366	–	–	366	318	–	–	318
Finanzverbindlichkeiten	–	–	–	–	–	–	–	–

## Hierarchiestufen der zum Verkehrswert bewerteten Finanzinstrumente

Zum Verkehrswert bewertete Finanzinstrumente sind im Rahmen einer dreistufigen Bewertungshierarchie offenzulegen:

- Level 1: Börsenkurse an einem aktiven Markt für identische Vermögenswerte und Verbindlichkeiten;
- Level 2: Bewertungsmethoden, bei denen allen wesentlichen Inputparametern beobachtbare Marktdaten zugrunde liegen;
- Level 3: Bewertungsmethoden, bei denen wesentliche Inputparameter nicht auf beobachtbaren Marktdaten basieren.

Sämtliche Finanzanlagen sind dem Level 3 zugeordnet und umfassen die Beteiligungen zur Förderung von Spin-offs der Empa.



## Nettoergebnisse je Bewertungskategorie

TCHF	Darlehen und Forderungen	Erfolgswirksam zum Verkehrswert	Zur Veräusserung verfügbar	Finanzielle Verbindlichkeiten
Zinsertrag (+)/Zinsaufwand (-)	15	-		-1
Beteiligungsertrag		-	-	
Veränderung des Verkehrswerts		-		
Währungsumrechnungsdifferenzen, netto	-75	-		19
Wertminderungen	-		-	
Wertaufholungen	-			
Vom Eigenkapital in die Erfolgsrechnung übertragene Gewinne und Verluste			-	
<b>31.12.2019</b>				
<b>Nettoergebnis in der Erfolgsrechnung erfasst</b>	<b>-60</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>18</b>
<b>Nettoergebnis im Eigenkapital erfasst</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>Total Nettoergebnis pro Bewertungskategorie</b>	<b>-60</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>18</b>
<b>31.12.2018</b>				
<b>Total Nettoergebnis pro Bewertungskategorie Vorjahr</b>	<b>-56</b>	<b>-</b>	<b>-359</b>	<b>17</b>

Die Währungsdifferenzen hatten den grössten Einfluss auf das Nettoergebnis und sind im gleichen Rahmen wie im Vorjahr.

## 28 Eventualverbindlichkeiten und Eventualforderungen

Im Berichtsjahr bestehen keine Eventualverbindlichkeiten (Bürgschaften, Garantien, Rechtsfälle, Übrige), welche die Wesentlichkeitsgrenze für die Offenlegung von 0.5 Mio. übersteigen.

### Eventualforderungen

Es bestehen keine Eventualforderungen in 2019.

## 29 Finanzielle Zusagen

TCHF	31.12.2019	31.12.2018	Veränderung absolut	%
Finanzielle Zusagen bis 1 Jahr	4 843	3 209	1 635	51%
Finanzielle Zusagen zwischen 1 und 5 Jahre	32	416	-383	-92%
<b>Total Finanzielle Zusagen</b>	<b>4 875</b>	<b>3 624</b>	<b>1 251</b>	<b>35%</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 2019 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	2019	2018	Veränderung absolut	%
<b>Fälligkeiten</b>				
Fälligkeiten bis 1 Jahr	1 743	1 825	-81	-4%
Fälligkeiten von 1 bis 5 Jahren	1 897	3 002	-1 105	-37%
<b>Künftige Mindestleasingzahlungen aus unkündbarem operativem Leasing per 31.12.</b>	<b>3 641</b>	<b>4 827</b>	<b>-1 186</b>	<b>-25%</b>
<b>Leasingaufwand</b>				
Mindestleasingzahlungen	1 815	1 729	86	5%
<b>Leasingaufwand der Periode</b>	<b>1 815</b>	<b>1 729</b>	<b>86</b>	<b>5%</b>
<b>Zusätzliche Informationen</b>				
Zukünftige Erträge aus Untermieten (aus unkündbaren Mietverträgen)	-	-	-	0%

Bei der Empa existiert ein langfristiger Mietvertrag mit solidarischer Haftung der Eawag für das Gästehaus bis 2022 mit einem Restvolumen von 2.9 Mio. Die Jahresmiete beträgt 1.1 Mio. Ein weiterer Vertrag besteht für den Standort Empa Thun, der jährlich kündbar ist. Die Jahresmiete ist mit 0.4 Mio. ebenfalls im Mietaufwand erfasst.

### 31 Vergütungen an Schlüsselpersonen des Managements

TCHF	2019	2018	Veränderung absolut	%
Direktion	2 216	2 144	72	3%

### Schlüsselpersonen

Vollzeitstellen	2019	2018	Veränderung absolut	%
Direktion	7	7	–	0%

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 25. Februar 2020 genehmigt. Bis zu diesem Datum sind keine wesentlichen Ereignisse eingetreten, die eine Offenlegung im Rahmen der Rechnung der Empa per 31. Dezember 2019 oder deren Anpassung erforderlich gemacht hätten.



Reg. Nr. 1.20310.936.00122.002

## **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 2019, der Bilanz zum 31. Dezember 2019, dem Eigenkapitalnachweis und der Geldflussrechnung für das dann endende Jahr sowie dem Anhang zur Jahresrechnung, einschliesslich einer Zusammenfassung bedeutensamer Rechnungslegungsmethoden – geprüft.

Nach unserer Beurteilung vermittelt die Jahresrechnung (Seiten 76 bis 138) ein den tatsächlichen Verhältnissen entsprechendes Bild der Vermögens- und Finanzlage der EMPA zum 31. Dezember 2019 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.

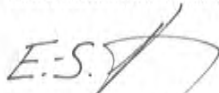
In Übereinstimmung mit Art. 21 Abs. 2 der Verordnung über das Finanz- und Rechnungswesen des ETH-Bereichs bestätigen wir, dass keine Widersprüche zwischen dem Personalreporting im Geschäftsbericht (Lagebericht) und der Jahresrechnung bestehen und dass keine Widersprüche zwischen den Finanzaufstellungen 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, 24. Februar 2020

EIDGENÖSSISCHE FINANZKONTROLLE



Eric-Serge Jeannot  
Zugelassener  
Revisionsexperte



David Ingen Housz  
Zugelassener  
Revisionsexperte

# 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