

Empa Quarterly

FORSCHUNG & INNOVATION II #67 II DEZEMBER 2019

FOKUS

AUF KLEINEREM FUSS



GEZIELT SANIEREN
ÖKOLOGISCHER BETON
BÄUME FÜRS STADTKLIMA

[INHALT]

[FOKUS: AUF KLEINEREM FUSS]



12



15



18



30



24

[FOKUS]

- 06 SANIERUNG**
Die passende Sanierung für jeden Gebäudetyp
- 10 HEIZEN**
Forschende bringen Gebäuden das Sparen bei
- 12 STREAMING**
Wie der Filmabend das Klima belastet
- 15 STADTKLIMA**
Wie Bäume gegen Hitzeinseln helfen

- 18 ZEMENT**
Beton wird umweltfreundlicher

[THEMEN]

- 24 SCHWANGERSCHAFT**
Schnellere Diagnose für Präeklampsie
- 27 KALTSTART**
Weniger Abgase durch vorgewärmte Katalysatoren
- 30 PORTRAIT**
Mirko Kovac will lebende Maschinen bauen

[RUBRIKEN]

- 04 WISSEN IM BILD**
- 22 IN KÜRZE**
- 34 UNTERWEGS**

[TITELBILD]



Den ökologischen Fussabdruck zu verringern, ist ein Ziel zahlreicher Forschungsaktivitäten der Empa.
Bild: iStock

[IMPRESSUM]

HERAUSGEBERIN Empa
Überlandstrasse 129
8600 Dübendorf, Schweiz
www.empa.ch

REDAKTION Empa Kommunikation

ART DIREKTION PAUL AND CAT.
www.paul-and-cat.com

KONTAKT Tel. +41 58 765 47 33
empaquarterly@empa.ch
www.empaquarterly.ch

VERÖFFENTLICHUNG
Erscheint viermal jährlich
ANZEIGENMARKETING
rainer.klose@empa.ch

ISSN 2297-7406

Empa Quarterly (deutsche Ausg.)



No. 01-19-177511 - www.myclimate.org
© myclimate - The Climate Protection Partnership

Empa Social Media



WIR LEBEN AUF ZU GROSSEM FUSS

Liebe Leserin,
lieber Leser



Mit der aktuellen Ausgabe wollen wir einen Blick darauf werfen, wie wir in verschiedenen Bereichen unseren ökologischen Fussabdruck verringern können, sei es durch ausgeklügelte Heiz- und Kühlsysteme, die dank künstlicher Intelligenz erheblich weniger Energie verbrauchen, sei es durch innovative Gebäudesanierung oder durch neuartige Zementrezepturen, die erheblich geringere CO₂-Emissionen verursachen. Oder ist gar Streaming das neue Fliegen? Auch darauf haben wir Antworten parat.

Denn eines ist klar: Wir können nicht so weitermachen wie bisher. Wir verbrauchen schlicht mehr natürliche Ressourcen, als unsere Erde hergibt. Das zeigt ein Blick auf die Entwicklung des «Earth Overshoot Day», also des Tages im Jahr, an dem die Nachfrage nach bestimmten Rohstoffen die Kapazität der Erde zum «Wiederaufladen» der Vorräte übersteigt. Fiel dieser Tag 1970 noch auf Ende Dezember – sprich: Wir haben genau so viel verbraucht, wie wir «dürften» –, wurde er dieses Jahr bereits am 29. Juli erreicht; wir bräuchten also rund 1,75 Erden, um unseren Verbrauch zu decken.

Und das nur, wenn man den globalen Durchschnittsverbrauch als Grundlage nimmt legt. Würden alle Erdbewohner/innen so viel verbrauchen wie Herr und Frau Schweizer, dann wäre bereits am 7. Mai Schluss mit lustig. Wir leben hierzulande also so, als hätten wir drei Erden. Haben wir aber nicht. Ein Schlüssel zur Lösung liegt sicher in effizienteren, saubereren Technologien. Ein anderer womöglich bei uns selbst.

Ihr MICHAEL HAGMANN



ZUFÄLLIGE LANDSCHAFT

MXene sind eine neue Klasse von Materialien, die sich hervorragend für Energiespeicheranwendungen eignen, wie dieser auf Papier gedruckte Superkondensator auf MXen-Basis. Durch Zufall bildete dieses Exemplar beim Schneiden eine baumartige Struktur mit Papierfaserstamm und MXen-Baumkrone.

Mehr Informationen zum Thema finden Sie unter: www.empa.ch/web/s209/

DER WEG ZUM ENERGIEEFFIZIENTEN GEBÄUDEPARK

Heizen, Warmwasser und privater Stromverbrauch verschlingen grosse Mengen an Energie und verursachen hohe CO₂-Emissionen. Energetische Sanierungen von Gebäuden können diesen Verbrauch verringern – doch wie setzt man das Geld bei welchem Gebäudetyp am besten ein? Empa-Forschende sind dieser Frage nachgegangen.

Text: Karin Weinmann

RENOVIEREN

Bestehende Häuser können durch Sanierungen massiv energieeffizienter werden.



Gebäude verbrauchen in der Schweiz rund 40 Prozent der Endenergie. Der grösste Anteil davon entfällt auf die Wärmeerzeugung.

Das sind keine guten Nachrichten für das Klima: Fast zwei Drittel aller Gebäude in der Schweiz werden mit Öl oder Gas geheizt – damit belegt die Schweiz den Spitzenplatz in Europa. Das Heizen allein verursachte im Jahr 2018 einen CO₂-Ausstoss von rund 15,8 Millionen Tonnen. Die gute Nachricht dabei: Es besteht ein riesiges Potenzial, diesen Ausstoss zu verringern, ohne dabei auf Wohnkomfort verzichten zu müssen – das Zauberwort heisst energetische Sanierung.

Die Unterschiede, wie viel Energie ein Gebäude verbraucht, sind massiv: Ein schlecht isoliertes Gebäude kann jährlich bis zu 300 kWh pro Quadratmeter verschlingen, während ein nach Miner-

gie-Standard gebautes Gebäude höchstens einen Zehntel davon benötigt. Also heisst es sanieren – doch was zuerst? Ein 1990 saniertes Mehrfamilienhaus aus den 1920er-Jahren? Oder doch lieber das Einfamilienhaus Baujahr 1975 und noch im «Originalzustand»? Und in welche Massnahme soll das Geld idealerweise fliessen, um die grösste Wirkung zu erzielen: das Dach erneuern? Die Wände besser dämmen? Die Ölheizung durch ein neueres Modell ersetzen – oder gar ein neues, effizienteres Heizungssystem einbauen? Die elektrischen Geräte austauschen? Oder wären Solarpanels auf dem Dach die beste Option?

Möglichkeiten gibt es viele, und die Mittel sind meist beschränkt. Auch volkswirtschaftlich erscheint es wenig sinnvoll, ein Gebäude, das bereits relativ gute Werte hat, mit grossem Aufwand noch etwas näher ans Opti-

imum zu bringen – während für denselben Betrag ein altes Gebäude massiv effizienter gemacht werden könnte.

Empa-Forschende der Abteilung «Urban Energy Systems» unter der Leitung von Kristina Orehounig haben den Gebäudebestand der Schweiz unter die Lupe genommen, um für diese Fragen praxistaugliche Antworten zu finden. Ziel ist, diejenigen Massnahmen zu identifizieren, die unter optimalem Einsatz der Mittel so viel CO₂-Emissionen vermeiden wie möglich.

ARCHETYPISCHE GEBÄUDE

Für ihre Berechnungen fassten die Forschenden die Gebäude der Schweiz in verschiedenen Typengruppen zusammen: nach Bauperiode, Gebäudetyp, Anzahl Wohn- oder Arbeitseinheiten und Anzahl Stockwerken. Zudem berücksichtigten sie regionale Unterschiede – etwa das



WOHLIGE WÄRME

Ein wichtiger Schritt: weg von fossilen Heizungen.

Fotos: iStock

Solarpotenzial oder den Bedarf an Heiztagen. Daraus entstand ein Set von 1000 archetypischen Wohngebäuden – 500 Einfamilien- und 500 Mehrfamilienhäuser. Die Daten zeigen, dass der grösste Teil dieser Gebäude zwischen 1959 und 1994 erbaut wurde – und über 75 Prozent einen elektrisch oder fossil betriebenen Boiler einsetzen. Für die kommerziellen Gebäude wurde ein kleineres Set an Archetypen identifiziert, 45 insgesamt: je neun Restaurants, Schulen, Spitäler, Bürogebäude und Einkaufsläden.

Der zweite Schritt war, mögliche Massnahmen zu identifizieren, mit denen Treibhausgasemissionen vermieden werden können. Dazu gehören Sanierungsmassnahmen der Gebäudehülle, etwa zusätzliche Dämmung von Dächern, Wänden und Böden oder Ersatz der Fenster und Türen. Weitere Möglichkeiten sind, effizientere Technologien einzusetzen – etwa Wärmepumpen – oder aber erneuerbare Energie zu nutzen, zum Beispiel durch den Einsatz von Solarthermie, Photovoltaik oder Biomasse-Boiler.

OPTIMALE LÖSUNGEN NACH BAUJAHR

Die Schweiz hat sich verpflichtet, ihre Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 auf einen Viertel des heutigen Werts zu senken. Um dieses Ziel zu erreichen, müssten laut dem Effizienzpfad Energie des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA) die Emissionen für Bau und Betrieb von sanierten Gebäuden auf 10 kg CO₂-Äquivalente pro Quadratmeter und Jahr sinken. Die Empa-Forscher nahmen diese Zahl als Grundlage, um zu errechnen, wie das möglichst kostengünstig erreicht werden könnte. Über alle Gebäudetypen hinweg gerechnet, liegt diese Zahl bei 384 Franken pro vermiedene Tonne CO₂. Dabei gibt es aber grosse Unterschiede zwischen den einzelnen Gebäudetypen: Am meisten CO₂ pro eingesetzten Franken lässt sich bei der Sanierung

von Mehrfamilienhäusern einsparen, gefolgt von Schulen und Bürogebäuden.

Doch welche Massnahmen sind bei welcher Gebäudekategorie typischerweise nötig, um das angestrebte CO₂-Ziel zu erreichen? Eines wird schnell deutlich: Häuser, die mit Elektro-, Öl- oder Gasheizungen betrieben werden, haben fast keine Chance, diese Werte

«Sechs Massnahmen reichen, um bei den meisten Gebäuden die Effizienzziele zu erreichen.»

zu erreichen, selbst wenn die gesamte Gebäudehülle optimal saniert wird. Fernwärme, Biomasseheizungen oder Wärmepumpen, kombiniert mit Solarpanels und Speicherlösungen, sind bei fast jedem Baujahr nötig, um den CO₂-Ausstoss auf ein tiefes Level zu senken. Einzig bei Gebäuden, die nach 2010 errichtet wurden, gibt es Ausnahmen, die auch mit einer Gas- oder Ölheizung auf genügend tiefe Werte kommen.

Ist das Energiesystem optimiert, muss als nächstes die Gebäudehülle betrachtet werden. Bei der Mehrzahl aller Gebäude, die ab 1995 erbaut worden sind, ist keine zusätzliche Isolation nötig. Auch bei älteren Baujahren muss keineswegs immer die gesamte Hülle saniert werden – sogar bei den Gebäuden mit den schlechtesten Werten aus den Jahrgängen 1919 bis 1948 betrifft dies nur knapp einen Fünftel. Bei rund 60 Prozent der Gebäude aus dieser Periode reicht es, Wände und Fenster besser zu isolieren. Bei Gebäuden der nachfolgenden Periode (bis 1979) betrifft die nötigste Sanierung das Dach.

Geht man noch einen Schritt weiter und betrachtet alle Wohnhäuser über

alle Jahrgänge, ergeben sich sechs Massnahmen, mit denen zwei Drittel der Häuser die Limite von 10 kg CO₂ pro Quadratmeter und Jahr erreichen könnten: das Dach oder aber die Fassade dämmen und Fenster austauschen sowie Photovoltaikanlagen kombiniert mit Speichern installieren. Bei den Heizungen zeichnet sich ab, dass Biomasseheizungen oder Wärmepumpen am lohnenswertesten sind.

LÖSUNGEN AUF QUARTIEREBENE

In einem nächsten Schritt betrachteten die Forschenden nicht nur die einzelnen Gebäude, sondern bezogen auch Fernwärme in ihre Berechnungen mit ein. Während fossilbasierte Fernwärmesysteme meist die kostengünstigste Lösung sind, werden diese zunehmend durch CO₂-freundlichere Lösungen wie Abwärmennutzung, Wärmepumpen oder Biomasseboiler ersetzt. Hier gibt es deutliche Unterschiede zwischen ländlichen und urbanen Regionen. In städtischen Gebieten, wo die Distanzen zwischen den Gebäuden typischerweise gering sind, zeigen sich die Fernwärmesysteme als kosteneffiziente Massnahme, um die CO₂-Emissionsziele zu erreichen. Auf dem Land sind Lösungen auf Gebäudeebene besser.

Insgesamt, so die Schlussfolgerung der Empa-Forschenden, ist das Potenzial tatsächlich gewaltig: Würden die vorgeschlagenen Massnahmen auf den gesamten Gebäudebestand der Schweiz aufskaliert, könnten die Emissionen je nach Gebäudetyp um bis zu 80 Prozent reduziert werden. Der Schweizer Gebäudesektor kann also einen ganz wesentlichen Teil zur Verbesserung der Nachhaltigkeit des Landes beitragen.

Mehr Informationen zum Thema finden Sie unter: www.empa.ch/web/s313

Sanierungsmassnahmen

Wie lassen sich die SIA-Empfehlungen zum Klimaschutz an bestehenden Gebäuden umsetzen?



Baujahr 1919 – 1948

Fenster ersetzen
Fassade dämmen
Solarzellen & Speicher
Heizung ersetzen *



Baujahr 1949 – 1978

Dach sanieren
Solarzellen & Speicher
Heizung ersetzen *



Baujahr 1979 – 1994

Fenster ersetzen
Solarzellen & Speicher
Heizung ersetzen *



Baujahr 1995 – 2020

Solarzellen & Speicher
Heizung ersetzen *

* Öl-, Gas- oder Elektroheizung ersetzen durch nachhaltige Lösung: Biomasseboiler, Wärmepumpe oder Fernwärme



VERSUCHSOBJEKT
Die Unit «Urban Mining and Recycling» im Forschungsgebäude NEST verfügt über zwei Studentenzimmer. Eines davon wurde mit einer selbstlernenden Heiz- und Kühlsteuerung ausgerüstet.

SMARTE WÄRME

Können Gebäude von selbst sparen lernen? Forscher der Empa sind davon überzeugt. In einem Experiment fütterten sie eine neue selbstlernende Heizungssteuerung mit Daten aus dem vergangenen Jahr und mit der aktuellen Wettervorhersage. Daraufhin konnte die «smarte» Steuerung das Verhalten des Gebäudes einschätzen und vorausschauend handeln. Ergebnis: mehr Komfort, weniger Energiekosten.

Text: Rainer Klose

Fabrikhallen, Flughafenterminals oder Bürohochhäuser werden vielfach schon heute mit automatisierten «vorausschauenden» Heizungen bestückt. Diese arbeiten mit speziell für das Gebäude berechneten, vorprogrammierten Szenarien und sparen den Betreibern eine Menge an Heizenergie. Doch für einzelne Wohnungen und Privathäuser ist eine solche Einzelprogrammierung zu teuer.

Einer Gruppe von Empa-Forschern gelang im letzten Sommer erstmals der Beweis, dass es auch einfacher geht: Die intelligente Heiz- und Kühlsteuerung muss nicht unbedingt programmiert werden, sie kann ebenso gut selbst aus den Daten vergangener Wochen und Monate sparen lernen. Programmierende Fachleute sind nicht mehr nötig. Mit diesem Kniff ist die Spartechnik bald auch für Familien und Singles verfügbar.

Das entscheidende Experiment fand im Empa-Forschungsgebäude NEST statt. Die Forschungsunit «UMAR» (Urban Mining and Recycling) bietet dafür optimale Voraussetzungen: Eine grosse Wohnküche ist symmetrisch von zwei Studentenzimmern eingerahmt. Beide Zimmer sind je 18 Quadratmeter gross. Die gesamte Fensterfront schaut nach Ostsüdost – zur Vormittagssonne – hin. In der UMAR-Unit läuft Wasser durch

eine Deckenverkleidung aus Edelstahl und sorgt für die gewünschte Raumtemperatur. Die Heiz- und Kühlleistung lässt sich für die einzelnen Räume über die jeweilige Ventilstellung berechnen.

SCHLAUER KÜHLEN – DANK WETTERBERICHT

Da Projektleiter Felix Bünning und sein Kollege Benjamin Huber nicht auf die Heizperiode warten wollten, starteten sie bereits im Juni 2019 ein Kühl-Experiment. Die Woche vom 20. bis 26. Juni begann mit zwei sonnigen, aber noch relativ kühlen Tagen, dann kam ein bewölkter Tag, zum Schluss brannte die Sonne über Dübendorf und jagte die Aussentemperatur bis knapp an die 40-Grad-Grenze. In den beiden Schlafzimmern sollte die Temperatur tagsüber die Marke von 25 Grad, nachts die Marke von 23 Grad nicht überschreiten. Ein herkömmliches Thermostatventil besorgte die Kühlung in einem Zimmer. Im anderen Zimmer arbeitete die

experimentelle Steuerung, die Bünning und Huber mit ihrem Team entworfen hatten. Die künstliche Intelligenz war mit Daten der letzten zehn Monate gefüttert worden – und sie kannte die aktuelle Wettervorhersage von MeteoSchweiz.

MEHR KOMFORT MIT ¼ WENIGER ENERGIE

Das Ergebnis fiel überaus deutlich aus: Die intelligente Heiz- und Kühlsteuerung hielt sich deutlich genauer an die Komfortvorgaben und brauchte hierfür rund 25 Prozent weniger Energie. Dies lag vor allem daran, dass am Vormittag, wenn die Sonne in die Fenster schien, vorausschauend gekühlt wurde. Das mechanische Thermostat im Zimmer gegenüber reagierte hingegen erst dann, wenn die Temperatur durch die Decke ging. Zu spät, zu hektisch und mit voller Leistung. Im November 2019, in einem kühlen Monat mit wenig Sonne, viel Regen und Wind, wiederholten Bünning und Huber das Experiment. Nun ging es um die Hei-

zenergie in den beiden Zimmern. Bei Redaktionsschluss dieses Heftes lief die Auswertung noch. Doch Bünning ist sicher, dass seine vorhersagende Heizungsregelung auch hier Punkte sammelt.

Er und sein Team haben bereits den nächsten Schritt vorbereitet: «Um das System im realen Umfeld zu testen, haben wir einen grösseren Feldversuch in einem Mehrfamilienhaus mit 60 Wohnungen geplant. Wir werden vier dieser Wohnungen mit unserer intelligenten Heiz- und Kühlsteuerung ausrüsten.» Auf die Ergebnisse ist Bünning schon sehr gespannt. «Ich glaube, dass neue, auf Machine Learning basierende Regler eine riesige Chance sind. Mit dieser Methode können wir mit relativ einfachen Mitteln und den gesammelten Daten eine gute, energiesparende Nachrüstungslösung für bestehende Heizungen konstruieren.»

Mehr Informationen zum Thema finden Sie unter: www.empa.ch/web/energy-hub



WOHLIG WARM
Herkömmliche Thermostate schalten sich erst ein, wenn es kühler wird. Die intelligente Steuerung kann vorausschauend heizen und spart dadurch Energie.

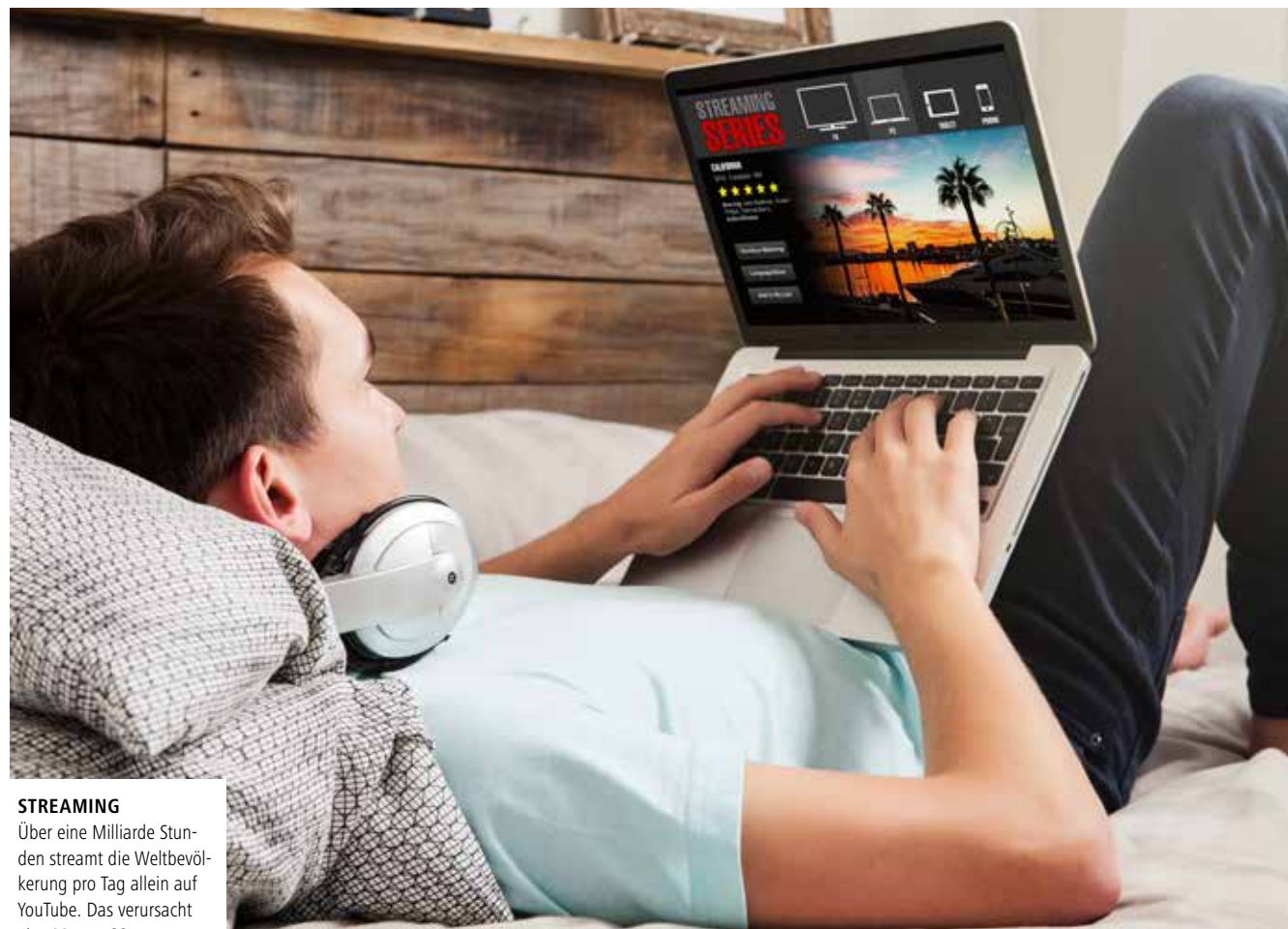
Foto: Zoëy-Braun, Stuttgart, Empa

Fotos: iStock

LIEBER STREAMEN ALS FLIEGEN

Streamen verbraucht Unmengen an Energie und sei mindestens so klimaschädigend wie der gesamte zivile Flugverkehr. Zu diesem Schluss kam eine französische Studie. Allgemein wird unterschätzt, was elektronische Geräte – neben dem Stromverbrauch – tatsächlich an Emissionen verursachen. Doch wie schädlich ist unser digitaler Konsum tatsächlich für die Umwelt? Lorenz Hilty, Leiter der Forschungsgruppe Informatik und Nachhaltigkeit an der Empa und der Universität Zürich, klärt auf.

Text: Cornelia Zogg



STREAMING
Über eine Milliarde Stunden streamt die Weltbevölkerung pro Tag allein auf YouTube. Das verursacht eine Menge CO₂.

Bis 2050 will der Bund den Pro-Kopf-Ausstoss von CO₂ auf 1,5 Tonnen pro Jahr senken. Ein sportliches Ziel. Denn alles, was wir nutzen und konsumieren, verbraucht Energie – auch wenn wir es weniger deutlich sehen als beim Betanken unseres Autos oder dem medial stark vertretenen Thema Flugreisen. Das Steak, das auf dem Teller landet, die Heizung, die unsere Füsse im Winter warmhält, oder aber auch das Serien-«Bingen» auf Netflix an einem verregneten Sonntag – alles hat seinen Preis in Form von CO₂-Emissionen.

«Die Übertragung eines Videostreams ist normalerweise nicht belastender, als einen Raum zu beleuchten.»

Vor allem das Streaming gerät zunehmend in Verruf. Gemäss der Denkfabrik «The Shift Project» ist unser Streaming-Verhalten genauso schädlich wie die zivile Luftfahrt. Sollen wir jetzt alle sofort von unseren Bildschirmen weg?

«Das ist definitiv nicht nötig», so Lorenz Hilty. Obwohl Streaming das Energieintensivste ist, was man im Internet machen kann, ist die Übertragung eines Videostreams normalerweise nicht belastender, als einen Raum zu beleuchten. 150 Gramm CO₂ fallen bei einer Stunde Streaming auf einem Flachbildfernseher an, Datentransfer inklusive.

DIE SUMME MACHTS

Wenn man bedenkt, wie viel weltweit gestreamt wird, dann ist der Energieverbrauch allerdings beachtlich. Allein auf YouTube werden eine Milliarde Stunden pro Tag Videos geschaut. Gemäss einer Studie der Universität Bristol entspricht

deshalb der weltweite CO₂-Ausstoss von YouTube etwa demjenigen der Stadt Glasgow. Dabei ist aber auch zu beachten, dass sich der Nutzen auf einen grossen Teil der Weltbevölkerung verteilt: «57 Prozent aller Menschen haben heute Zugang zum Internet. 34 Prozent haben ein Smartphone. Aber nur 3 Prozent der Weltbevölkerung können es sich leisten, mindestens einmal im Jahr zu fliegen», so Hilty.

Für Hilty sind nicht nur die Konsumenten in der Verantwortung, sondern auch die Streaminganbieter. Dass YouTube weiterhin Musik beispielsweise als Videostream übermittelt, sorgt für einen unnötigen Datentransfer. Ebenso ist der Trend vom bisher üblichen Broadcast-Prinzip des Fernsehens (viele Zuschauer sehen gleichzeitig das gleiche Programm) zum Unicast-Prinzip (die Daten werden für jede Person einzeln übertragen, also wie bei Netflix) für einen grossen Sprung im Energieverbrauch des Filmkonsums verantwortlich. Und ein mobiler Internetzugang kostet ausserdem mehr Energie als ein stationärer.

DIGITAL IST NICHT GLEICH ÖKOLOGISCH

Somit ist digital mitunter nicht gleich ökologisch. Ein gedrucktes Buch erzeugt gemäss einer Studie des «Royal Institute of Technology» in Schweden 1,2 Kilogramm CO₂. Ein eBook-Reader hingegen benötigt alleine in der Herstellung bereits das 30- bis 40-Fache. Erst wenn man auf besagtem Reader 35 eBooks gelesen hat, beginnt er sich für das Klima auszuzahlen. Allgemein ist Software noch ein wissenschaftlich kaum untersuchter Bereich in Bezug auf die verursachten Emissionen. Da möchte Hilty ebenfalls Licht ins Dunkel bringen. Gemeinsam mit ausländischen Partnern hat er im Auftrag des deutschen Umweltbundesamtes (UBA) Kriterien erarbeitet, um die Nachhaltigkeit von Softwareprodukten zu beurteilen. «Dabei ging es darum, wie viel Ener-

gie die Software im Endgerät, aber auch die Übertragung der Daten und Server verbrauchen», so Hilty. Weitere Kriterien betreffen die Hardwarekapazitäten, die für den Betrieb eines Softwareprodukts bereitgehalten werden müssen – und wie häufig sie ersetzt und erweitert werden müssen, weil neue Versionen der Software höhere Ansprüche an die Hardware stellen. Bei Smartphones und Laptops zum Beispiel verursacht die Herstellung der Hardware eine grössere Umweltbelastung als der Stromverbrauch beim Betrieb der Geräte. Das Umweltbundesamt arbeitet derzeit daran, die in der Studie erarbeiteten Kriterien einzusetzen, um nachhaltige Softwareprodukte in Zukunft mit dem Umweltgütezeichen «Blauer Engel» auszuzeichnen.

DAS BEWUSSTSEIN SCHÄRFEN

In einem Flugzeug zu sitzen, bleibt demnach nach wie vor die CO₂-intensivste Art, die Zeit zu verbringen. Ein einziger Flug von Zürich nach New York und zurück emittiert bereits 2,5 Tonnen CO₂ pro Fluggast, also deutlich mehr als das angestrebte Pro-Kopf-Emissionsbudget für ein ganzes Jahr. Es ist deshalb gemäss Hilty nicht angebracht, Regularien für das Streaming im Internet einzuführen. «Es wird ja auch nicht reguliert, wie lange man das Licht brennen lassen darf.» Dennoch schadete es nicht, wenn die Bevölkerung ein Bewusstsein dafür entwickeln würde, was wie viel Energie verbraucht und wo sich sparen lässt. Denn oftmals verstecken sich CO₂-Schleudern auch in alltäglichen Situationen, von denen wir kaum merken, dass sie Emissionen verursachen, weil dies an entfernten Orten geschieht. Die Nutzung von Angeboten aus dem Internet ist eine davon.

Mehr Informationen zum Thema finden Sie unter: www.empa.ch/web/s506/informatics-and-sustainability-research-isr

Fotos: iStock

1,5 Tonnen CO₂ – was bedeutet das?

Der Bund will den jährlichen Pro-Kopf-Ausstoss auf 1,5 Tonnen CO₂ beschränken. Dieses Kontingent beinhaltet nebst dem Privatverbrauch zusätzlich auch jene Emissionen, welche bei Produktion und Instandhaltung von Gütern und der Industrie in der Schweiz anfallen. Da bleibt wenig übrig! Doch was bedeuten 1,5 Tonnen CO₂-Ausstoss für eine Privatperson?



20 m²
Altbau-Wohnung oder
125 m²
Minergie-Wohnung ein Jahr lang heizen

8300 km
mit einem durchschnittlichen
Personenwagen fahren



10 000 Stunden
Videos streamen

214 300 km
mit dem Zug fahren (5 × um die Welt)



500 × duschen
(ca. 4 Minuten pro Duschgang)

9000 km
mit dem Flugzeug fliegen
z.B. Zürich – Bangkok (einfach, Economy)



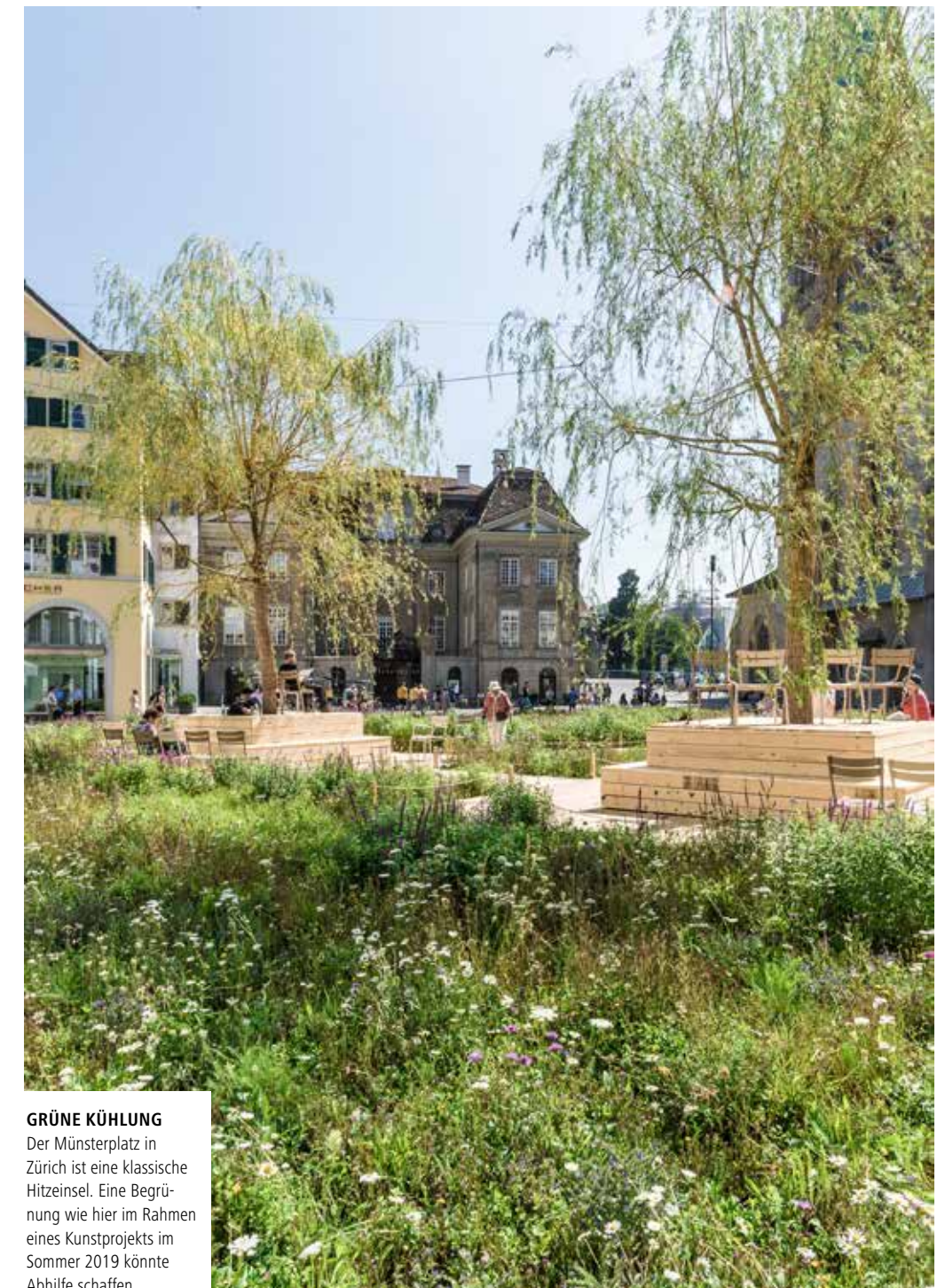
150 kg
Rindfleisch verzehren (d.h. 3 × den
durchschnittlichen Jahreskonsum in der Schweiz)

Zahlen: BAFU, Schweizerische Energiestiftung, Empa/UZH

JEDER BAUM ZÄHLT

Immer mehr Städte verwandeln sich im Sommer in Hitzeinseln. Kann man kühle Orte schaffen, die dieser Tendenz entgegenwirken? Ein Simulationsprogramm der Empa kann detailliert voraussagen, welcher Bodenbelag und welche Begrünung die besten Erfolge versprechen. Am Beispiel des Münsterplatzes in Zürich haben Forscher die Berechnung nun durchgespielt.

Text: Rainer Klose



GRÜNE KÜHLUNG

Der Münsterplatz in Zürich ist eine klassische Hitzeinsel. Eine Begrünung wie hier im Rahmen eines Kunstprojekts im Sommer 2019 könnte Abhilfe schaffen.

Foto: Empa

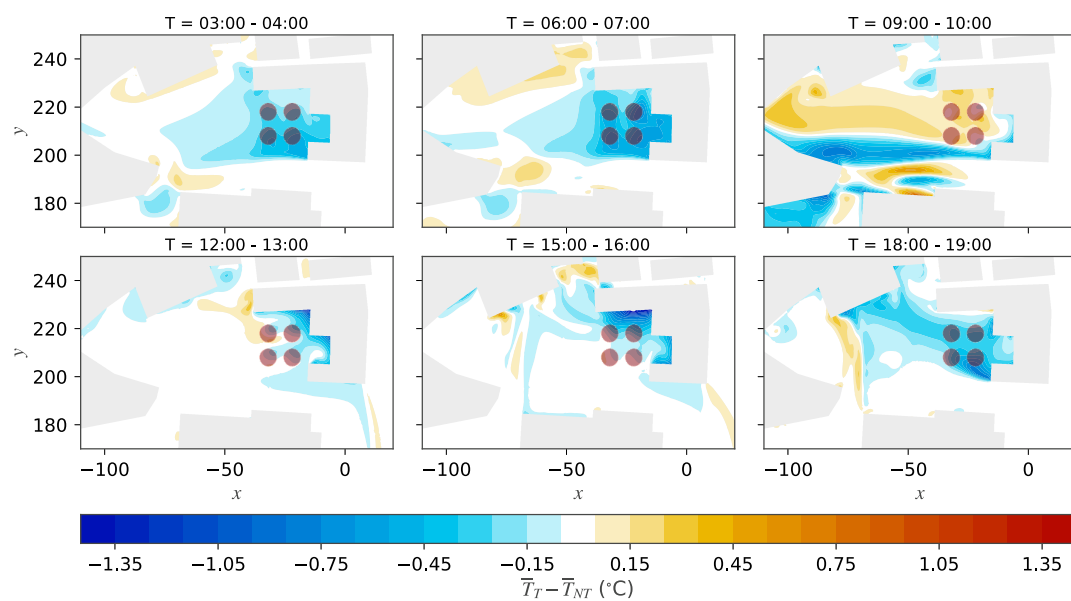
Fotos: Peter Barrac

VIER BÄUME

So würde eine Baumgruppe auf der nordöstlichen Ecke des Münsterplatzes die Lufttemperatur in zwei Metern Höhe verändern – Vergleich zum Münsterplatz ohne Bäume.

Oben rechts: In den braun gefärbten Bereichen wird die Luft am Vormittag wärmer, weil die Bäume die Windströmungen verändern.

Unten: Am Nachmittag beschatten die Bäume die Fassaden der Häuser und sorgen für beträchtliche Kühlung. Am Abend profitiert der ganze Platz von diesem Kühleffekt.



Die Hitzewelle kommt – je mehr Jahre vergehen, desto regelmässiger. So wie im Sommer 2015 etwa, im zweitwärmsten Schweizer Sommer seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. In den Städten glühte der Asphalt, und das Überqueren schattenloser Plätze wie des Zürcher Münsterhofs wurde zur regelrechten Qual. Wie können wir unsere Städte auch in den nächsten 100 Jahren einigermassen angenehm halten, wenn der Klimawandel sich weiter verstärkt? Reicht ein bisschen Stadtgrün, verteilt nach ästhetischen Gesichtspunkten? Oder dürfen die Gegenmassnahmen auch etwas präziser sein? Die Empa hat erste Modellrechnungen angestellt, etwa anhand des Münsterplatzes in Zürich.

Aytaç Kubilay vom «Laboratory of Multiscale Studies in Building Physics» der Empa ist Experte im Simulieren von Wärmeflüssen in verschiedenen Dimensionen – von einzelnen Poren in Ziegeln, Betonwänden oder Holz bis hin zu ganzen Städten. Zusammen mit

seinen Kolleginnen und Kollegen denkt er über Strategien nach, wie die kommenden Warmperioden gerade in Städten erträglicher gemacht werden können. Der Empa-Forscher hat sich für seine Computersimulation den Münsterplatz in der Zürcher Altstadt vorgenommen. Ein Grossteil des Platzes ist mit Pflastersteinen bedeckt, der Rand bei der Kirche Fraumünster ist betoniert. Es gibt einige Cafés und Sitzmöglichkeiten, aber keine Bäume, die Schatten spenden würden. Zudem ist der Münsterhof auf fast allen Seiten von Gebäuden umgeben. Die Fassaden erhitzen sich durch die Sonneneinstrahlung beträchtlich.

DEN KLIMAWANDEL ERTRÄGLICHER MACHEN

Wie sehr sich grosse Teile der Bevölkerung schon heute nach einem grünen Münsterplatz sehnen, zeigte im Sommer 2019 die Aktion des Berner Künstlers Heinrich Gartentor. Für vier Wochen war der Platz von einer Magerwiese bedeckt, die speziell für das Projekt angefertigt wurde. Dazu kamen zwei Schatten spendende Weiden aus dem

Baumuseum Rapperswil. Bis die Aktion am 17. September endete, häuften sich bei der Stadt Anfragen, ob die Wiese denn nicht permanent auf dem Münsterplatz installiert bleiben könne.

Empa-Forscher Kubilay und seine Kollegen hatten mit Heinrich Gartentors Kunstaktion nichts zu tun – auch wenn ihre Ergebnisse in die exakt gleiche Richtung deuten. Die Forscher haben den Platz ausgewählt, um Klimasimulationen durchzuführen, deren Ergebnisse sich auch auf andere Orte und Städte übertragen lassen. Die Berechnungen zeigen, dass die Temperaturen auf dem Münsterhof deutlich tiefer wären, wenn der Platz nicht gepflastert, sondern mit Erde und Gras bedeckt wäre. Über Nacht würde der Boden dadurch stärker abkühlen und tagsüber weniger Wärme speichern. Das Resultat wäre eine deutlich geringere Aufheizung der Fläche.

WIE ÄNDERT SICH DER WOHLFÜHLFAKTOR?

Um herauszufinden, wie die angenommene Temperaturveränderung auf den



TEMPORÄRE OASE
Dank Erde und Gras kühlt sich der Boden in der Nacht stärker ab und speichert tagsüber weniger Wärme.

Menschen wirken würde, nutzen die Empa-Forscher den sogenannten Universalen Thermischen Klimaindex (UTCI). Dieser gibt an, wie hoch die Temperatur ist, die von Passanten tatsächlich wahrgenommen wird – er berücksichtigt nicht nur die Lufttemperatur, sondern auch die Luftfeuchtigkeit, die Umgebungstemperaturen, die Sonnenstrahlung und die Windgeschwindigkeit. Der UTCI ist der Celsius-Temperaturskala recht ähnlich: Werte von +38 bis +46 bedeuten «sehr starken Hitzestress», von +32 bis +38 ist es «starker Hitzestress», von +26 bis +32 «mittlerer Hitzestress», und im UTCI-Bereich von +9 bis +26 fühlen sich die Menschen am wohlsten und fühlen keinerlei Temperaturstress.

Das Ergebnis: Schon wenn man nur einen Viertel der gepflasterten Fläche am Münsterplatz durch einen anderen Bodenbelag ersetzen würde, wäre der

«Backofen» im Sommer entschärft. Möglich wäre etwa ein Belag aus porösen Ziegeln, die bewässert werden könnten und so für Verdunstungskälte sorgten. Auch eine Graslandschaft würde helfen – selbst dann, wenn sie nicht dauernd bewässert und zu manchen Zeiten sogar austrocknen würde. Die Perioden, an denen auf dem Münsterplatz UTCI-Werte von über 32 herrschten (also «starker Hitzestress»), wären mit alternativen Bodenbelägen deutlich kürzer.

BÄUME SCHAFFEN EIN GANZ ANDERES KLIMA

Noch deutlicher würde das Ergebnis ausfallen, wenn auf dem Münsterplatz Bäume stünden. Aytaç Kubilay und sein Kollege Lento Manickathan simulierten mit ihrer Software den Effekt von vier eng stehenden Bäumen auf der Nordostseite des Platzes. «Der Schatten der Bäume und zugleich ihre Transpiration

würden die Hitzebelastung erheblich verringern», so Kubilay. Die gefühlte Temperatur würde auf weiten Teilen des Platzes um bis zu zwei Grad sinken. Dort, wo die Hausfassaden im Schatten liegen, sind es sogar bis zu vier Grad.

Die Bäume können jedoch nicht nur den Platz kühlen, sondern auch die vorherrschenden Windrichtungen auf dem Platz nachhaltig verändern. Diese Effekte lassen sich kombinieren und zur Bekämpfung der Hitzeinseln einsetzen. Nach den Modellrechnungen am Münsterplatz wollen die Forscher nun ihr Simulationsprogramm weiter verfeinern, um Stadtplanern detaillierte Voraussagen zu ermöglichen, wie sie dem Klimawandel begegnen können.

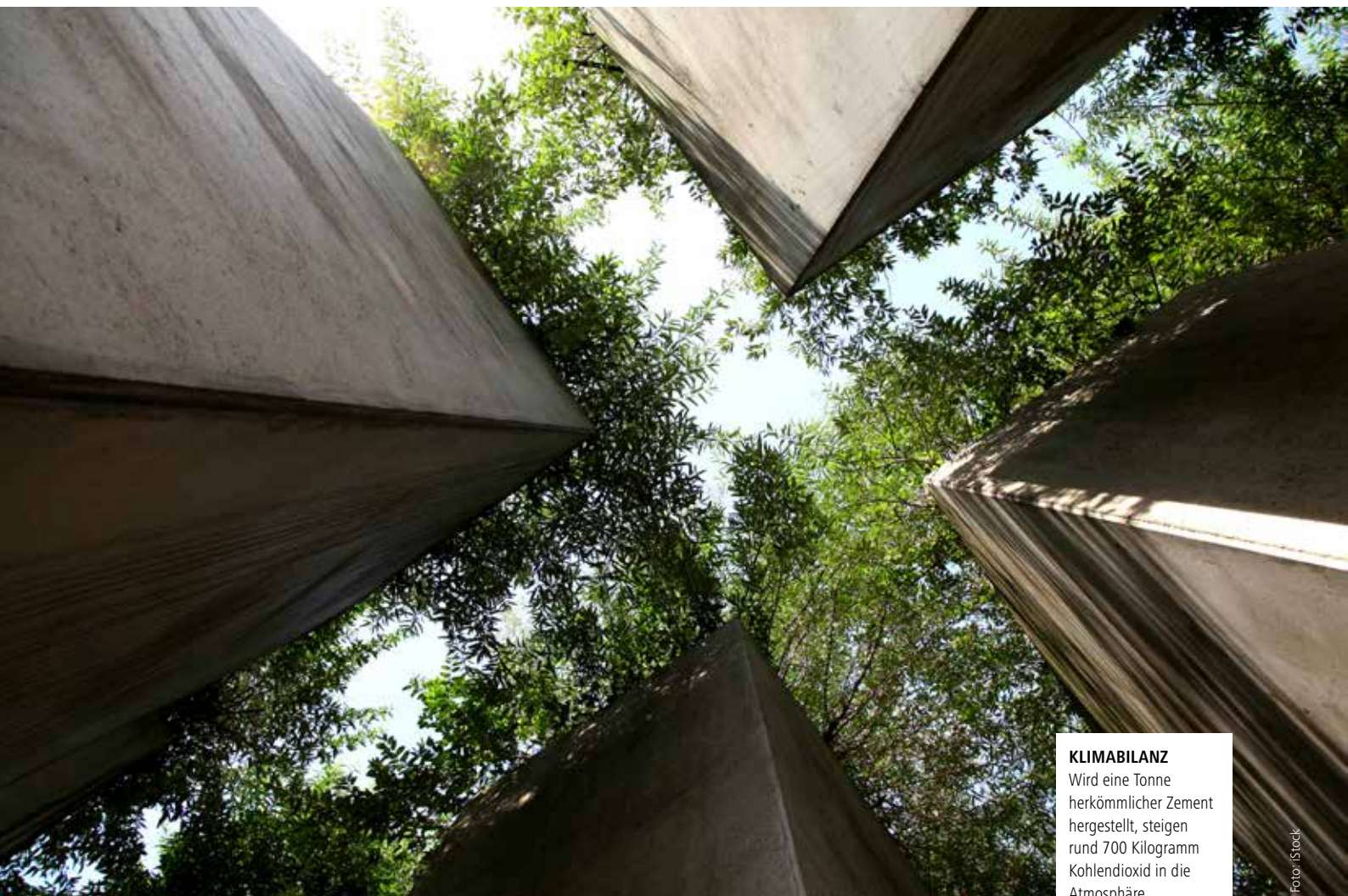
Mehr Informationen zum Thema finden Sie unter: www.empa.ch/web/s305

Bilder: Empa, Peter Barrassi

REZEPTUR FÜR ÖKO-BETON

Zement muss umweltfreundlicher werden. Empa-Forscher arbeiten darum an alternativem Zement, der deutlich weniger Emissionen verursacht oder sogar das Treibhausgas Kohlendioxid binden kann.

Text: Andrea Six



KLIMABILANZ

Wird eine Tonne herkömmlicher Zement hergestellt, steigen rund 700 Kilogramm Kohlendioxid in die Atmosphäre.

Foto: iStock

Es ist das am meisten genutzte Produkt der Welt. Unverzichtbar und doch gleichzeitig im Zuge der Klimadebatte verunglimpft: Zement. Vermischt mit Wasser, Sand und Kies gibt das Beton, dessen Schultern unsere moderne Welt tragen. Aufmerksamkeit erregt das genügsame Material jedoch vor allem mit einer anderen Eigenschaft: Wird eine Tonne Zement hergestellt, steigen rund 700 Kilogramm Kohlendioxid in die Atmosphäre. Das ist zwar weniger als etwa bei der Stahl- oder Aluminiumgewinnung. Aber die schiere Menge macht es aus. Jährlich produzieren wir weltweit rund zwölf Kubikkilometer Beton, eine Menge, mit der sich der Vierwaldstättersee komplett auffüllen liesse – jedes Jahr aufs Neue. Tendenz steigend.

Der Anteil des weltweiten Kohlendioxidausstosses, den die Zementindustrie verursacht, macht derzeit rund sieben Prozent aus. Dieser dürfte künftig allerdings ansteigen, da der Bedarf in Asien und zunehmend auch in Afrika wächst, während die Produktion in Europa stabil ist. Höchste Zeit also, sich nach Zement umzusehen, der den Menschen zwar Wohnung und Infrastruktur bietet, aber dennoch den Umweltaspekten Rechnung trägt und sich den Klimazielen entsprechend produzieren lässt. Das Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) fordert denn auch, umgehend neue zementbasierte Materialien, die klimafreundlicher und kostengünstig sind, zu entwickeln und einzusetzen. Empa-Forscher arbeiten darum an alternativen Zement- und Betonarten, bei deren Herstellung weniger schädliches Klimagas entsteht oder sogar Kohlendioxid gebunden wird.

«Traditionell wird Zement im Drehrohr-Ofen bei rund 1450 Grad Celsius gebrannt», sagt Empa-Forscher Frank Winnefeld von der Abteilung «Beton und

«Ein CO₂-negativer Beton wäre ein wahrer Klimafreund.»

Bauchemie». Fossile Brennstoffe können hierbei zwar durch alternative Energien ersetzt werden. «Allerdings ist das Sparpotenzial bei einem Substitutionsgrad von derzeit durchschnittlich 50 Prozent mit den heutigen Technologien bereits ziemlich ausgereizt, zumindest in Europa», so Winnefeld. Mehr Energie sparen lässt sich jedoch, wenn man Rohstoffe einsetzt, die eine geringere Brenntemperatur benötigen. Ein vielversprechender Kandidat ist CSA-Zement aus Calciumsulfoaluminat. Er benötigt eine um 200 Grad niedrigere Brenntemperatur und stösst pro Tonne Zement rund 200 Kilogramm weniger Kohlendioxid aus. Die Reduktion der Treibhausgasemissionen ist dabei aber nicht nur der geringeren Brenntemperatur geschuldet. Ein grosser Anteil des Klimavorteils von CSA-Zement liegt an der geringeren Menge an Kalkstein in der Rohstoffmischung.

GIGANTISCHER BEDARF

Kalkstein verursacht durch eine chemische Reaktion während der Zementherstellung nämlich den Grossteil der CO₂-Emissionen. Den Anteil an Kalkstein zu verringern, ist deshalb ein interessanter Aspekt, um Öko-Zement zu entwickeln. Neben CSA-Zement sind dies beispielsweise Inhaltsstoffe, die als Abfälle anderer Industriezweige anfallen. Etwa Schlacke aus Hochöfen bei der Roheisengewinnung sowie Flugasche, die bei der Kohleverbrennung übrigbleibt. Beide Produkte können mit Zement vermischt werden und helfen so, die CO₂-Emissionen zu senken.

Doch diese Sekundärrohstoffe können den gigantischen Bedarf der Branche nicht decken. Empa-Forscher gehen daher neue Wege und identifizieren Indust-

riezweige, deren Sekundärrohstoffe noch wenig genutzt sind. «Bei der metallurgischen Rückgewinnung von Edelmetallen aus Elektronikschrott bleibt eine hochwertige Schlacke übrig, die in Pulverform ebenfalls mit Zement vermischt werden kann», erklärt Winnefeld. Entspricht der Gehalt an Schwermetallen den gesetzlichen Normen, könne dieser Zement durchaus auch in der Schweiz zum Einsatz kommen. Die gute Nachricht: Der Bodensatz der «urbanen Mine» aus den Überresten unserer ausgedienten Handys und Computer wird künftig noch weiter anwachsen. Möglich sei es darüber hinaus, so der Forscher, mineralische Bauabfälle für Mischzement zu verwenden.

BETON UND ZEMENT

Die Betonproduktion ist global für etwa 6 Prozent, in der Schweiz sogar für 9 Prozent der menschengemachten CO₂-Emissionen verantwortlich. Im Heimwerkerbereich wird Beton anhand einfacher Faustformeln gemischt. So ergeben 300 Kilogramm Zement, 180 Liter Wasser sowie 1890 Kilogramm Gesteinskörnung einen Kubikmeter Beton. Der CO₂-Ausstoss des Betons stammt grösstenteils vom Zementanteil: Zement muss bei 1450 Grad gebrannt werden, dabei löst sich mineralisch gebundenes CO₂ aus dem Kalkstein. Weltweit werden jährlich 2,8 Milliarden Tonnen Zement hergestellt.

Die Art der Zusatzstoffe im Zement liesse sich sogar derart verändern, dass der Vorgang des Brennens komplett entfiel. Im sogenannten alkali-aktivierten Zement werden die Bestandteile wie Schlacke, Asche oder calcinierter Ton durch starke alkalische Lösungen wie etwa Natriumsilikate zur erwünschten chemischen Reaktion animiert. Die Produkte dieser Reaktion verbinden sich daraufhin zu einem Material, dessen Druckfestigkeit jener von gebranntem, herkömmlichen Zement entspricht.

KLIMAGAS IN BETON GEBANNT

Geradezu genial wirkt zudem die Möglichkeit, Kohlendioxid im Beton zu binden, statt es frei werden zu lassen. Ein CO₂-negativer Beton wäre ein wahrer Klimafreund. Empa-Forscher arbeiten beispielsweise an einem Magnesium-basierten Zement, der die Grundlage für diesen Öko-Beton liefern soll. Ressourcen für den Rohstoff bieten sich in Regionen, in denen magnesiumhaltiges Olivin im Boden vorkommt. Das Mineral findet sich vor allem tief im Erdmantel. Wird es aber durch vulkanische Aktivität an die Erdoberfläche transportiert, etwa in Skandinavien, lässt es sich abbauen. Bei der Zementherstellung aus Olivin wird dem rohen Magnesiumsilikat dann Kohlendioxid zugeführt. Und da in einem weiteren Verarbeitungsschritt nur ein Teil des Materials gebrannt wird, entsteht beim Brennen des Zements weniger CO₂ als vorher verbraucht wurde. Das Ergebnis trägt zwar bereits einen eingängigen Namen («MOMS», Magnesium Oxide derived from Silicates), seine Eigenschaften sind jedoch noch weitgehend unerforscht.

WACHSENDE VIELFALT

Damit aber solche Ansätze nicht als Nischenprodukte enden, sondern industriell und kosteneffizient produzierbar sind, müssen Analysen zeigen, dass Öko-Zement die gleichen Anforderungen erfüllt wie herkömmliche Produkte. Bei vielen alternativen Zementarten fehlen derzeit noch die Rezepte, in welchen Mengen neue Bestandteile zugemischt oder Herstellungsverfahren abgewandelt werden können, ohne die begehrten Eigenschaften des traditionellen Zements aufs Spiel zu setzen. Denn solange sich die mindestens gleichwertige Leistungsfähigkeit von Öko-Zement nicht zweifelsfrei aufzeigen lässt, bleibt der klassische Portland-Zement, der günstige und bestens charakterisierte Baustoff, weiterhin das für die Bauingenieure massgebliche Material.



BESSERER BETON
Empa-Wissenschaftler Alexander German forscht an Komponenten für kohlendioxid-negativen Beton. (oben)
Im Beton-Labor werden die Zutaten für Öko-Zement gemischt. (Mitte)
Magnesiumoxid und Hydromagnesit geben dem Labormörtel seine weisse Farbe. (unten)

Foto: Empa

Foto: Empa

Und so analysieren die Zementforscher an der Empa derzeit chemische Mischungsverhältnisse und Konformitätskriterien wie Festigkeit und Dauerhaftigkeit neuer Zementarten und bereiten damit den Weg zu normgerechten Zulassungen. Dazu gehören Untersuchungen im Kleinen wie im Gigantischen. Neben chemischen Untersuchungen, mikroskopischen Analysen und thermodynamischen Modellierungen, mit denen die Reaktionen im Inneren des Zements erforscht werden, wird auch die Belastbarkeit grosser Bauteile aus verschiedenen Zementarten verglichen. «Industrielle

Prozesse müssen noch optimiert werden, da sie in vielen Fällen noch zu teuer sind», so Winnefeld. Klar sei aber bereits, dass sich mit alternativen Zementarten Beton mit einer vergleichbaren oder sogar besseren Dauerhaftigkeit herstellen lasse.

Eine Entwicklung zeichnet sich jedenfalls schon jetzt ab: Die Vielfalt der Zement- und Betonprodukte wird künftig zunehmen. Für die Baustoffproduzenten bringt diese Vielfalt erhöhte Anforderungen mit sich. Zudem, so ist sich Winnefeld sicher, würden bei der Nutzung

von Sekundärrohstoffen lokale Lösungen attraktiver, wenn Transportwege entfallen, weil beispielsweise passende Industrierückstände in der Nähe eines Zementwerks anfallen.

Mehr Informationen zum Thema finden Sie unter: www.empa.ch/web/s308



Empa live – Wo Innovation beginnt

TAG DER OFFENEN TÜR



TAG DER OFFENEN TÜR
Empa, Dübendorf
Samstag, 9. Mai 2020
openday.empa.ch

Forschung für die Schweiz.
Seit 140 Jahren.

Empa

1880
2020

EINE RÄTSELHAFTE HAND



FORTSCHRITTLICH
In der Bronzehand findet sich Metall aus ganz Europa.

Die Bronzehand von Prêles gilt als älteste Bronzeplastik eines menschlichen Körperteils in Mitteleuropa. 3500 Jahre ist sie alt – gefunden von zwei Privatpersonen und ausgehändigt an den archäologischen Dienst im Kanton Bern. Marianne Senn, führende Forscherin im Bereich der Archäo-Metallurgie an der Empa, war an den Analysen beteiligt. So fand sie heraus, dass das Metall gegossen wurde – eine für damals fortschrittliche Technologie. Das Metall für die Bronzehand stammt gemäss dem Forscherteam aus dem Wallis oder den französischen Alpen.

www.empa.ch/web/s604/bronzehand-preles



ABGEFAHREN
Der grösste Teil des Mikroglumms in der Umwelt stammt aus Reifenabrieb.

GUMMI IN DER UMWELT

Reifenabrieb landet als Mikroglummi hauptsächlich in Böden und Gewässern und zu einem kleinen Teil in der Luft. Die Menge dieser Partikel in unserer Umwelt ist alles andere als gering, wie Forschende der Empa nun berechnet haben. Ganze 200 000 Tonnen Mikroglummi haben sich in den letzten 30 Jahren angesammelt – das meiste davon in den fünf Metern links und rechts von Strassen. Ein Grossteil des Mikroglumms landet allerdings in der Kläranlage oder wird mit altem Asphalt zusammen recycelt. Für den menschlichen Organismus ist der Gummi unbedenklich. Der Anteil von Reifenabrieb an eingeatmetem Feinstaub liegt auch an verkehrsnahen Standorten im tiefen einstelligen Prozentbereich.

www.empa.ch/web/s604/mikroglummi

Fotos: P. Joner (Archäologischer Dienst des Kt. Bern), Unsplash

Fotos: Empa, Unsplash

VERNETZTE ROBOTERFORSCHUNG

Beim Nationalen Forschungsschwerpunkt (NCCR) Robotik des Schweizerischen Nationalfonds (SNF) ist auch die Empa mit an Bord. Unter Leitung der ETH Zürich und der EPFL arbeiten hier zudem die Universitäten Bern und Zürich sowie das «Istituto Dalle Molle di Studi sull'Intelligenza Artificiale» in Lugano mit. Dabei werden Roboter entwickelt, die mehr Lebensqualität für den Einzelnen und einen Nutzen für die Gesellschaft bringen sollen. Mit diesem multidisziplinären NCCR soll die Schweiz auch weiterhin zur Spitze der internationalen Robotikforschung gehören.

www.nccr-robotics.ch



FREUNDLICH
Roboter sollen künftig mit Menschen koexistieren.



LEISE
Atomare Kristallstrukturen im Grossformat schlucken Schall.

TIEFE TÖNE DÄMPFEN

Einem Team von Akustikforschern der Empa ist es gelungen, makroskopische Kristallstrukturen zu bauen, die innere Drehbewegungen nutzen, um die Ausbreitung von Schallwellen abzuschwächen. Mit der Methode lassen sich sehr leichte und steife Materialien entwerfen, die auch tiefe Frequenzen besonders gut «schlucken» können.

www.empa.ch/web/s604/phononischer-kristall

SICHERE DIAGNOSTIK FÜR MUTTER UND KIND

Als eine besonders gefürchtete Komplikation bedroht die Schwangerschaftsvergiftung das Leben von Mutter und Kind. Eine korrekte Diagnose ist derzeit allerdings zeitraubend und ungenau. Das Empa-Spin-off «MOMM Diagnostics» entwickelt einen schnellen und präzisen Test, der frühzeitig Klarheit schafft und gleichzeitig Gesundheitskosten spart.

Text: Andrea Six



ENTSPANNUNG
MOMM-Diagnostics entwickelt einen neuen Test, der Schwangeren präzise und schnell Gewissheit verschafft.

Übelkeit, geschwollene Hände oder Kurzatmigkeit klingen wie typische Beschwerden, mit denen Schwangere zurechtkommen müssen.

Diese wenig spezifischen Symptome können jedoch auch Anzeichen einer Schwangerschaftsvergiftung sein. Die sogenannte Präeklampsie schleicht sich oft langsam und unbemerkt als allgemeines Unwohlsein an, bis Mutter und Kind ganz plötzlich zum medizinischen Notfall werden oder gar in Lebensgefahr

schweben. In der Schweiz erkranken rund zwei Prozent aller Schwangeren daran; weltweit sterben jährlich rund 500 000 Kinder und 76 000 Mütter.

So gefährlich das komplexe Krankheitsbild ist, so unklar ist seine Ursache. Veränderungen an den Blutgefässen und bei der Blutdruckregulierung sowie an inneren Organen können zu Frühgeburten, Organversagen und letztlich sogar zum Tod von Mutter und Kind führen. Die Präeklampsie lässt sich zwar im

Anfangsstadium mit einfachen Behandlungen wie mit Aspirin und Magnesium ausbremsen. Nur ist es schwierig, Präeklampsie zweifelsfrei und zeitnah zu diagnostizieren – bis jetzt. Denn die Basler Firma «MOMM Diagnostics», ein neues Spin-off der Empa, entwickelt einen einfachen und präzisen Test, der innerhalb von Minuten Gewissheit schafft.

OPTIMALE BEHANDLUNG

Derzeit sind zwei körperliche Veränderungen, die bereits Folgen der Schwan-

gerschaftsvergiftung sind, die gängigen Diagnosekriterien für die Erkrankung: Steigt der Blutdruck der Mutter und finden sich bestimmte Eiweisse im Urin, liegt der Verdacht nahe. Das Problem: Die beiden Erscheinungen müssen nicht zwingend für eine Präeklampsie sprechen und sorgen dadurch für überflüssige Spitalaufenthalte oder gar Fehlbehandlungen. Zudem sind Blutkreislauf und Nierenfunktion in der Phase der Krankheit, in der diese normalerweise diagnostiziert wird, bereits angegriffen.

Foto: iStock

Hier setzt der Test von «MOMM Diagnostics» ein. «Wir analysieren zwei sehr spezifische Biomarker im Blut der Mutter», erklärt Mathias Wipf, CEO und Mitgründer der Firma. Mit einem hochempfindlichen Immunoassay werden die beiden Marker bereits in minimalen Konzentrationen von einigen Picogramm pro Milliliter mittels Antikörper aufgespürt. Spezifität und Sensitivität des Tests sind denn auch deutlich höher als bei der bisherigen klinischen Diagnose.

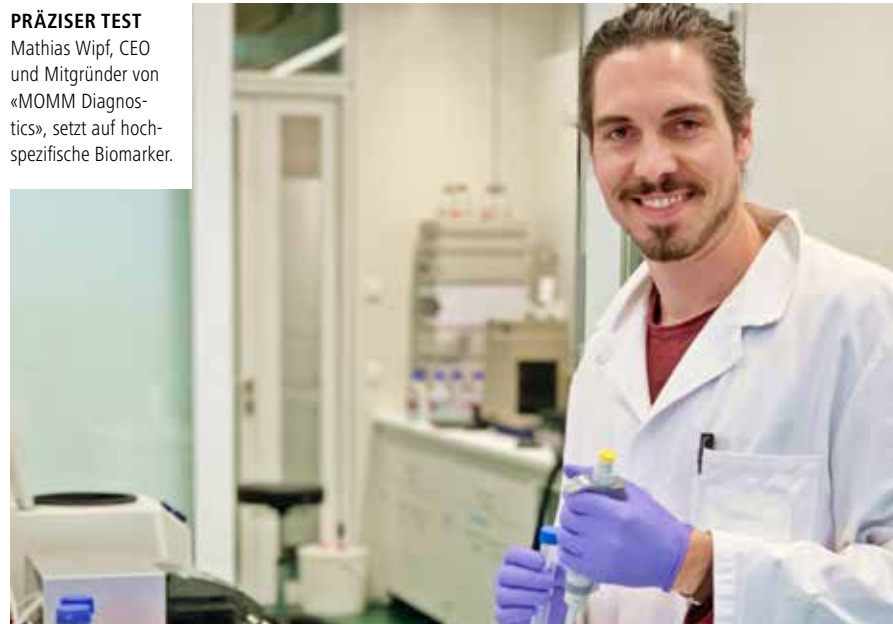
WINZIGER BIOSENSOR

Das Elegante daran: Der winzige Biosensor für den Nachweis der Marker ist auf einen Papierstreifen gedruckt. Ein Tropfen Blut aus dem Finger der Mutter reicht aus, um die Moleküle mit dem winzigen Sensorsystem zu detektieren. «Prinzipiell ähnelt das System einem Schwangerschaftstest», so der Forscher, der den Biosensor im «Transport at Nanoscale Interfaces»-Labor der Empa entwickelt hat. «Allerdings werden die Ergebnisse elektronisch analysiert.» Und hier zeigt sich ein weiterer Vorteil des neuen Tests: Der Papierstreifen lässt sich mit einem handlichen Lesegerät auswerten. Da Schwangere ohnehin regelmässig zu Vorsorgeuntersuchungen gehen, kann der Test so bereits in der Frauenarztpraxis durchgeführt werden, und ein Transport von Blutproben in ein Zentrallabor entfällt. Das spart wertvolle Zeit – Zeit, in der bereits mit einer optimalen Behandlung begonnen werden kann.

BELASTENDER FEHLALARM

Nicht zu unterschätzen ist ein weiterer Faktor, den die Zeitersparnis bringt: Der werdenden Mutter wird das lange Warten auf ein Laborergebnis erspart, und die Verunsicherung, ob denn die vorbeugende Überweisung ins Spital der Bedrohlichkeit ihres Zustands entspricht, entfällt. Denn auch ein falsch positives Ergebnis der herkömmlichen Untersuchung, das sich erst Tage später als

PRÄZISER TEST
Mathias Wipf, CEO und Mitgründer von «MOMM Diagnostics», setzt auf hochspezifische Biomarker.



Fehlalarm herausstellt, löst mitunter eine starke Beunruhigung aus, die man der Schwangeren gerne ersparen möchte.

Markus Hodel, Chefarzt Geburtshilfe und Fetomaternaler Medizin am Kantonsspital Luzern, ist häufig mit Patientinnen konfrontiert, die an einer Schwangerschaftsvergiftung leiden. Er begrüsst die Entwicklung des neuen MOMM-Tests. «Damit können wir das Risiko der werdenden Mutter schon früh individuell abschätzen», sagt Hodel. Zudem könne so die Überwachung von Hochrisiko-Schwangerschaften und die adäquate Behandlung von Erkrankten optimiert werden. «Da der Test darüber hinaus das Potenzial hat, unnötige Hospitalisierungen zu vermeiden, liesse sich das Gesundheitssystem entlasten», so der Mediziner. Denn bisher wird eine Patientin vorsichtshalber ins Spital eingewiesen, wenn der herkömmliche Test verdächtig ausfällt. Eine Studie unter Beteiligung von Markus Hodel zeigt nun aber, dass ein sensitiver Test, der wie die neue MOMM-Biosensor-Technologie direkt in der Arztpraxis durchgeführt werden kann, ein deutliches Sparpotenzial birgt. Rund zwei Millionen Franken an Gesundheitskosten liessen

sich in der Schweiz jährlich sparen, wenn statt des bisherigen Vorgehens ein «Point-of-care»-Test, kurz POC-Test, beim Frauenarzt zum Einsatz käme.

GROSSES MARKTPOTENZIAL

In den USA ist die Technologie bereits zum Patent angemeldet. Derzeit entwickeln Mathias Wipf und sein Team einen Prototyp; geplant ist eine enge Zusammenarbeit mit dem Forschungs- und Entwicklungszentrum CSEM in Neuenburg und der Fachhochschule Nordwestschweiz. Unterstützt wird das 2018 gegründete Empa-Spin-off unter anderem durch ein «FET Innovation Launch Pad», ein EU-Förderprogramm für Start-ups im Bereich «Future and Emerging Technologies». Und ab 2020 können neue Investoren bei dem Start-up-Unternehmen einsteigen. Marktreif soll der Biosensor-POC-Test bis 2023 sein. Aufgrund des grossen Marktpotenzials erwartet Wipf zweistellige Millionenumsätze bereits in den ersten fünf Jahren. Der Standort für Forschung, Entwicklung und Produktion soll in Basel damit auf 25 Arbeitsplätze anwachsen.

Mehr Informationen zum Thema finden Sie unter: www.mommdiagnosics.com

Fotos: Empa

DAS KALTSTART-DILEMMA

Bei Hybridautos und Plug-in-Hybriden kommt es häufiger zu Kaltstarts als bei normalen Verbrennungsmotoren, nämlich immer dann, wenn der Verbrennungsmotor ausgeht und der Elektromotor das Auto durch die Stadt schiebt. Wie schnell lässt sich der Katalysator vorwärmen, damit er Abgase dennoch gut reinigen kann? Was wäre die Methode der Wahl? Ein Forscherteam der Empa hat es ausgerechnet.

Text: Rainer Klose



REINIGEND

Alle Benzinfahrzeuge, auch alle Hybride und Plug-In-Hybride besitzen einen solchen 3-Wege-Kat. Ab einer Betriebstemperatur von 140 Grad Celsius tritt er in Aktion und vernichtet Schadstoffe im Abgas.

Von Januar bis September 2019 wurden knapp 17 000 Hybride und Plug-in-Hybride in der Schweiz eingelöst – eine Zunahme um 60 Prozent im Vergleich zum Vorjahr. Tendenz stark steigend. Diese Autos können einige Kilometer weit rein elektrisch durch die Stadt fahren. Sie brauchen den Verbrennungsmotor erst am Stadtrand, wenn die FahrerIn auf der Autobahn oder der Landstrasse beschleunigt. Das Problem dabei: Der Motor legt dabei einen Kaltstart hin, bei hoher Drehzahl und Motorlast – ganz anders als bislang üblich. Kann die Abgasreinigung da mithalten? Sind die Katalysatoren, die wir seit den 1980er-Jahren einsetzen, für solche Fälle brauchbar? Viola Papetti und Panayotis Dimopoulos Eggenschwiler haben dies mit einem speziell entwickelten mathematischen Modell nachgerechnet. Und sie geben Empfehlungen, wie Katalysatoren in Zukunft vorgewärmt werden könnten, um optimal zu funktionieren.

NUR EIN HEISSER KAT IST EIN GUTER KAT

Bei einem Kaltstart bläst der Motor heisse Verbrennungsgase in den kalten Katalysator. Dieser muss sich sukzessive aufwärmen, um seine chemische Reinigungswirkung zu entfalten. Solange er kalt ist, entweichen Kohlenmonoxid (CO), Stickoxide (NOx) und unverbrannte Kohlenwasserstoffe ungehindert an die Aussenluft. Die guten Emissionswerte moderner Euro-6-Fahrzeuge werden erst bei warmem Katalysator erreicht. Die Unterschiede sind drastisch: In den ersten drei Minuten nach dem Kaltstart emittiert ein Fahrzeug mehr Schadstoffe als bei einer 1000 Kilometer langen Fahrt mit betriebswarmem Motor.

Für ihre Modellrechnungen wählten die Forscher einen typischen Katalysator eines 2,0-Liter-Benzinmotors. Mithilfe von eigens entwickelten Programmen auf

«Auch modernste Plug-in-Hybride stossen bei jedem Kaltstart noch minutenlang giftige Schadstoffe aus.»

Basis der Open-Source-Softwareplattform «OpenFOAM» berechneten sie, wie die heissen Auspuffgase die Keramikwaben des Katalysators und die katalytische Reinigungsschicht, genannt «Washcoat», aufheizen. Zunächst wird der Kat durch die heissen Gase nur «warmgeföhnt», dann durchdringt die Hitze allmählich die Keramik und die Blechhülle des Katalysators. Etwas später setzen die ersten chemischen Reaktionen im vorderen Teil des Katalysators ein: Die Schadstoffe werden am Washcoat zunächst teilweise chemisch zerlegt. Das sorgt für zusätzliche Wärme, die zur Aufheizung des restlichen Katalysators ausreicht.

MINUTEN VERGEHEN OHNE ABGASREINIGUNG

Die Modellrechnung der Forscher startet an einem Wintertag bei –13 Grad Celsius. In den ersten 30 Sekunden der Autofahrt passiert im Katalysator ... gar nichts. Dann beginnt sich das erste Viertel des Katalysators zu erwärmen. Nach einer Minute beginnt die Erwärmung im zweiten Viertel; erst zwei Minuten nach Motorstart wird das dritte Viertel warm. Es dauert insgesamt dreieinhalb Minuten, bis der Katalysator zu drei Vierteln durchgeheizt ist und bei 140 Grad Celsius Betriebstemperatur einen guten Teil der Abgase reinigen kann.

SZENARIO FÜR HYBRIDE UND PLUG-IN-HYBRIDE

Die Forscher wiederholten die Modellrechnung für ein Hybridauto. Angenommen, der Katalysator war schon einmal warm und ist nun im Stop-and-Go-Verkehr abgekühlt, weil der Wagen nur mit seinem Elektromotor unterwegs war. Der «abgekühlte» Kat hat zwar noch

knapp 90 Grad Resttemperatur; doch auch in diesem Fall ist er erst nach drei Minuten völlig durchgeheizt. Allerdings verläuft das Aufheizen auf einem höheren Temperaturniveau, was günstiger für das Einsetzen der ersten chemischen Reinigungsreaktionen ist.

Schliesslich simulierten die Forscher einen Kaltstart auf der Autobahnauffahrt – ein typisches Szenario für Plug-in-Hybride, die mit Batteriestrom bis zum Stadtrand fahren können und dann Gas geben. In diesem Fall ist der Katalysator –13 Grad kalt, doch es fliesst die doppelte Menge an heissen Auspuffgasen durch. Beim Plug-in-Hybrid ist der Katalysator nach 90 Sekunden warm genug, um alle Abgase zu reinigen – der stärkere Abgasstrom «föhnt» den Katalysator schneller warm; die chemischen Reaktionen setzen früher und stärker ein.

LÄSST SICH EIN KATALYSATOR VORWÄRMEN?

Die schlechte Nachricht dabei: Auch modernste Plug-in-Hybride stossen bei jedem Kaltstart noch minutenlang giftige Schadstoffe aus. Das könnte in den nächsten Jahren zum Problem werden, wenn die EU die Abgasvorschriften weiter verschärft. Das Problem lässt sich nur lösen, wenn der Katalysator ganz gezielt aufgeheizt wird, sobald der Verbrennungsmotor anspringt. Oder noch besser: bevor er anspringt. Wie könnte das gehen? «Ich sehe da drei Möglichkeiten», sagt Empa-Forscher Dimopoulos Eggenschwiler. «Man könnte den Motor heissere Abgase produzieren lassen – das kostet allerdings zusätzlich Treibstoff. Man könnte die Hybridbatterie der Autos nutzen, um die Abgase elektrisch vorzuwärmen. Und man könnte den

HEISS

Ein heisser Endschalldämpfer am Unterboden eines Autos. Bislang wird nur die Motorwärme genutzt, um Abgase zu reinigen. In Zukunft könnten wir Katalysatoren elektrisch vorheizen, um Schadstoffe beim Kaltstart zu vermeiden.



Washcoat des Katalysators mithilfe von Mikrowellenstrahlung vorheizen, eine hier an der Empa entstandene Idee, die sich in Entwicklung zur Serienreife befindet.» Bleibt die Frage: Mit welcher Methode lassen sich Schadstoffe am effizientesten vermeiden? Welche kostet am wenigsten Energie?

Auch das haben die Forscher durchgerechnet: Beim Kaltstart in der Stadt ist es am günstigsten, nur die Abgase vorzuheizen. Beim Kaltstart auf der Autobahn würde das wegen der grossen Abgasmenge zu viel Energie kosten. Hier lohnt es sich, den Washcoat direkt vorzuwärmen. «Am Ende bringt nur eine Kombination aus allen Methoden die besten Ergebnisse», sagt Viola Papetti, die die Simulationsrechnungen durchführte.

AUCH FÜR DIE ELEKTROMOBILITÄT NÜTZLICH

«Da wäre noch eine weitere interessante Sache», sagt Panayotis Dimopoulos Eggenschwiler am Ende des Gesprächs. «Schon seit einiger Zeit wenden wir unsere Berechnungsmethode auch bei Elektroautos an.» Das Simulationsprogramm der Empa-Forscher kann tatsächlich nicht nur die Wärmeverteilung im Abgastrakt eines Verbrennungsmotors berechnen, sondern ebenso gut diejenige in einer Lithium-Ionen-Batterie. Damit eignet sich das Tool perfekt, um die Kühltechnik in Elektroautos zu optimieren – aber auch die Kühlung der Ladestationen. Eine nicht ganz unwesentliche Zweitnutzung der Software, denn: Nur mit einer optimalen Temperaturüberwachung und Kühlung sind gute Schnellladesysteme realisierbar.

Foto: Empa / ETH Zürich

Foto: Meri Zirkelbach

Mehr Informationen zum Thema finden Sie unter: www.empa.ch/web/s504

«Digitale Intelligenz reicht allein nicht aus, um spontan auf die Umwelt in all ihrer Unwägbarkeit zu reagieren.»



SENKRECHT-STARTER

Mirko Kovac ist Direktor des neuen «Materials and Technology Center of Robotics» der Empa und des «Imperial College London». Mit seinem Team entwickelt er Drohnen und Flugroboter, die selbstständig beispielsweise beim Gebäudeunterhalt helfen sollen. Und ganz nebenbei startet er eine Revolution: Er will «lebende» Maschinen bauen.

Text: Andrea Six

Der Mann liebt Maschinen. Und das Leben. Und er will beides verschmelzen. Mirko Kovac forscht an Robotern und Drohnen, die dank biologischen Eigenschaften die digitale Intelligenz von Computern mit der physischen Intelligenz biologischer Systeme vereinen können. Getrieben von der Vision einer Gesellschaft, in der Menschen von Maschinen unterstützt werden, in einem Mass, das einem «Zusammenleben» entspricht, leitet er seit vergangem Jahr das neue «Materials and Technology Center of Robotics» in Dübendorf. Derzeit entsteht im gemeinsamen Zentrum der Empa und des «Imperial College London» eine Flugarena für Drohnen, die beispielsweise beim Gebäudeerhalt eingesetzt werden könnten. Mit seinem Team will Kovac die gesamte Infrastruktur-Robotik vorantreiben, so dass auch Applikationen für Dämme, Tunnels, Windräder oder Off-Shore-Anlagen entwickelt werden können.

Ein drängendes aktuelles Problem: Arbeiter, die beispielsweise auf Gerüsten oder in grosser Höhe tätig sind, sind einem enormen Unfallrisiko ausgesetzt. Drohnen, die auch in Gefahrenzonen oder an schwer zugänglichen Orten sicher und effizient arbeiten, könnten menschliche Fachkräfte bei diesen Aufgaben sinnvoll unterstützen.

DROHNIEN IN DER KÜCHE

«In der neuen Flugarena werden wir derartige Anwendungen entwickeln und validieren», erklärt der Forscher. Kovac, der ebenfalls das «Center of Excellence for Infrastructure Robotics Ecosystems» am Imperial College leitet, betreibt dort bereits eine komplementäre Flugarena. Einzigartig an den hiesigen Gegebenheiten ist neben der Materialforschungs-kompetenz der Empa ein weiteres, bereits vorhandenes Testgelände für die Entwicklungen: das Forschungsgebäude NEST auf dem Campus von Empa und Eawag. Hier sollen Drohnen und

Foto: Robert Stürmer / Empa

KREATIV

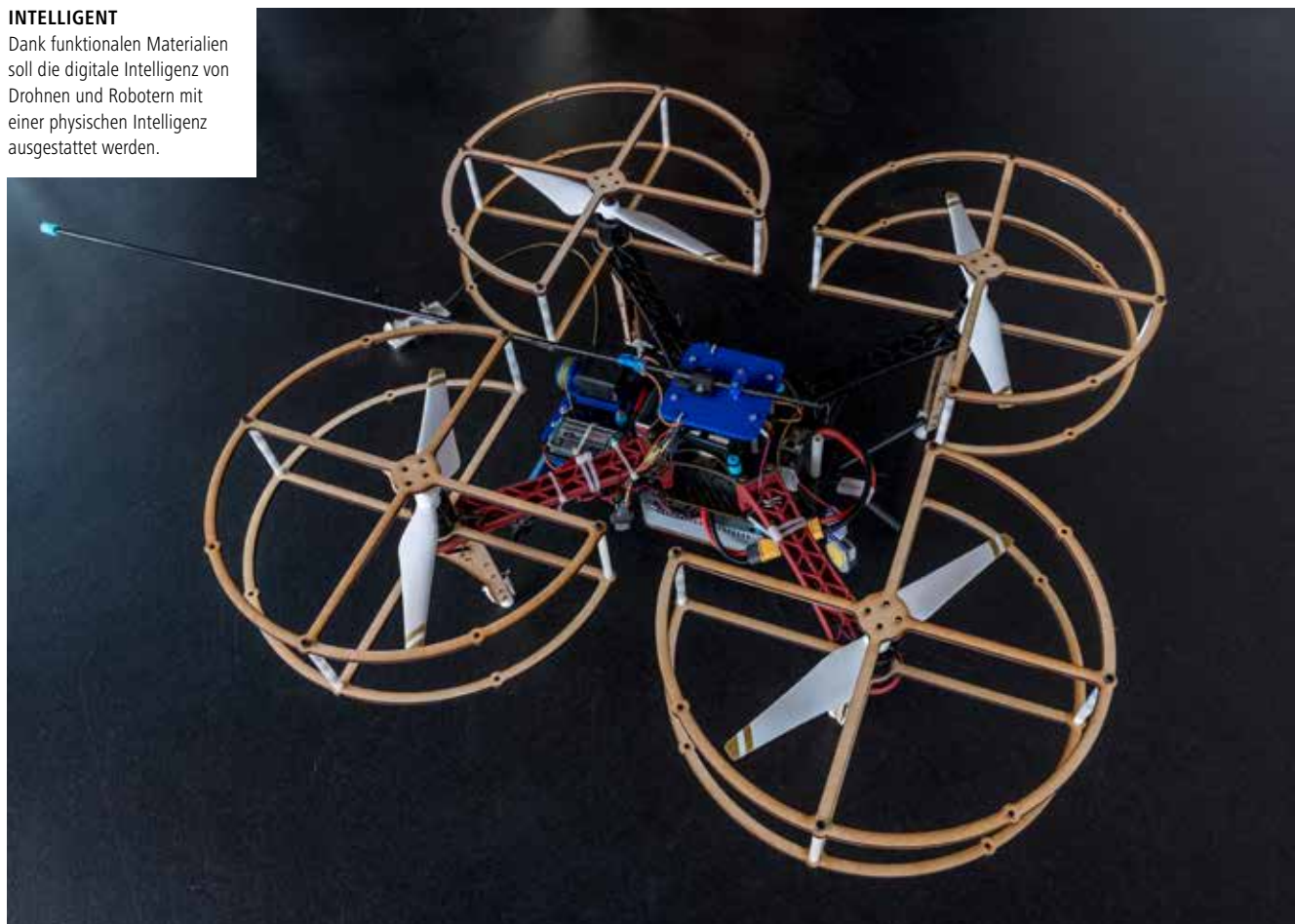
Maschinen mit der Intelligenz des Lebens verschmelzen: Mirko Kovac, Direktor des neuen «Materials and Technology Center of Robotics».

**HILFREICH**

Der Drohnenforscher ist überzeugt davon, dass Roboter einen wertvollen Beitrag in der Gesellschaft leisten können.

INTELLIGENT

Dank funktionalen Materialien soll die digitale Intelligenz von Drohnen und Robotern mit einer physischen Intelligenz ausgestattet werden.



MIRKO KOVAC

WERDEGANG Nach seinem Maschinenbau-Studium an der ETH Zürich promovierte Kovac am Labor für intelligente Systeme an der EPFL in Lausanne. Im Anschluss war er Postdoc am Harvard Microrobotics Laboratory an der Harvard University in Cambridge, USA. **WISSENSCHAFT** Mirko Kovac leitet seit Dezember 2018 das Material- und Technologiezentrum für Robotik an der Empa. Er ist zudem Direktor des Aerial Robotics Laboratory am Imperial College London und Royal Society Wolfson Fellow. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der Entwicklung von fliegenden und weichen Roboterlösungen für digitale Infrastruktursysteme.

Roboter in einer realen Umgebung bei ihrer Arbeit beobachtet und in der Folge optimiert werden. Das modular angelegte Innovationsgebäude NEST eignet sich auch deshalb besonders für die Betrachtung des «Ökosystems» von Mensch und Maschine, da es per Definition einem stetigen Umbauprozess unterworfen ist, sodass die Roboter eine Vielzahl von möglichen Aufgaben erwartet. «Wir haben die Gelegenheit, die Interaktionen zwischen Robotern und Menschen in der Realität zu untersuchen», freut sich Kovac. Wie es sich mit einem Roboter zusammenarbeiten lässt oder ob eine Drohne in der Küche stört, lässt sich so in lebensnahen und gleichzeitig wissenschaftlich analysierbaren Alltagssituationen studieren.

Kovac, der nach seinem ETH-Studium und seiner Dissertation an der EPFL international in der Robotik-Forschung tätig war, etwa an den renommierten US-Universitäten Harvard und Berkley, hält die Schweiz für einen starken Standort, der zurecht als das «Silicon

Valley der Robotik» bezeichnet werde. Die Dichte der Forschungseinrichtungen und die Vielfalt der Expertisen seien im internationalen Vergleich erfreulich hoch. Gerade im Bereich der Schnittmenge aus Materialforschung und Robotik könne die Schweiz an der Spitze mit dabei sein, ist er sich sicher.

Dabei will der Forscher nicht weniger als eine Revolution auslösen. Während die klassische Robotik sich mit Sensorik und der Kontrolle einer Maschine durch einen Computer befasst hat, möchte Kovac weitergehen. «Die reine digitale Intelligenz eines Rechners reicht nicht aus, um Applikationen zu entwickeln, die spontan auf die Umwelt in all ihrer Unwägbarkeit reagieren können», sagt er. Eine physische Intelligenz, durch intelligente Materialien und Strukturen, mache eine Maschine erst zu einem Wesen, das sich in eine Gesellschaft integrieren lasse. Der Natur nachempfundene Funktionalitäten und biologische Materialien sollen schliesslich den Bau biohybrider Roboter ermöglichen.

DIE BIOLOGIE DER MASCHINE

Die Verschmelzung von Maschinen mit «Bios», altgriechisch für Leben, ist für Kovac – in gewissen Grenzen – ein erklärtes Ziel und kein Tabu. Es geht ihm keineswegs darum, etwa eine Chimäre von Tier und Roboter zu erschaffen, sondern vielmehr maschinelle Hilfsmittel mit gewissen Eigenschaften des Lebens auszustatten, speziell also mit der Fähigkeit zur Interaktion mit der Umwelt. «Die Roboter und die Drohnen sollen intelligent, selbstständig und robust auf ihre Umgebung reagieren können», erklärt er.

Die Faszination für das, was Maschinen im Innersten zusammenhält, begleitet den 39-jährigen Kovac bereits seit seiner Kindheit. «Ich habe als Kind Schweizer Uhren auseinandergenommen, weil ich unbedingt herausfinden sollte, wo

das «Herz» der Uhr schlägt», erzählt er. Gleichzeitig begeisterten ihn die hochspezialisierten Fähigkeiten von Tieren, in ihren ökologischen Nischen perfekt angepasst leben zu können. Gewachsen ist diese kindliche Faszination durch die Erkenntnis des Maschinenbauingenieurs, dass mittels Inspiration und Kreativität «lebende» Maschinen entwickelt werden können, wenn organische oder biologisch inspirierte, smarte Materialien und Strukturen mit der Sensorik und der Rechenkapazität vereinigt werden. Und dass eine starke, multidisziplinäre Community aus Wissenschaftlern, die ihre Forschungsgebiete nicht nur fokussiert, sondern gleichzeitig vernetzt und ganzheitlich bearbeiten, diese Kreativität begünstigen.

An der Empa entwickelt Kovac mit seinem Team daher nun Roboter und Drohnen, die dank «weichen» funktionalen Materialien völlig neue Fähigkeiten aufweisen sollen. Möglich werden dadurch beispielsweise selbstständige Inspektionen an Bauteilen oder das rasche Eindämmen von Schäden etwa bei Pipeline-Lecks. Vernetzt ist er dabei nicht nur mit dem Imperial College in London, sondern auch hierzulande über die Beteiligung der Empa am Nationalen Forschungsschwerpunkt «Robotik – Intelligente Roboter für eine verbesserte Lebensqualität» der ETH Zürich und der EPFL. Es ist ihm bewusst, dass ein Thema wie das Zusammenleben von Menschen und Robotern in der Gesellschaft sowohl Bedenken als auch Enthusiasmus auslösen kann. «Es ist eine der Aufgaben der Forschung, Ergebnisse kritisch zu hinterfragen und reale Risikoabschätzungen an die Entscheidungsträger zu vermitteln», so Kovac. Davon kann ihn auch die Liebe zu den Maschinen nicht abhalten.

Mehr Informationen zum Thema finden Sie unter: www.empa.ch/web/s799

INTERDISZIPLINARITÄT FEIERN



AUF DEM WEG
Doktorierende der Empa zeigen die vielfältigen Forschungsthemen am jährlichen Symposium.

Am 28. November veranstaltete die Empa St. Gallen das jährliche Empa-Doktoranden-Symposium. Im Anschluss an das Thema «Science Cocktail: Mixing Disciplines to Drive Innovation» begann die Veranstaltung mit einer inspirierenden Rede von Professor Neil Alford vom Imperial College London. Danach folgen Vorträge und Posterpräsentationen, die die vielfältigen Arbeiten von Doktoranden der Empa zeigten. Herzlichen Glückwunsch an Oliver Braun und Rimah Darawish für die Auszeichnung für den besten Vortrag bzw. den Posterpreis.

AUSZEICHNUNG FÜR CFK-PIONIER

Am 18. September durfte Urs Meier, ehemaliger Direktor der Empa in Dübendorf und Experte für kohlenfaserverstärkte Kunststoffe (CFK) im Bauingenieurwesen, für seine Verdienste eine prestigeträchtige Auszeichnung entgegennehmen – den «SAMPE Fellow Award». Dieser wird als Anerkennung für herausragende Beiträge in den Bereichen Materialien und Prozesse verliehen.

www.empa.ch/web/s604/sampe-fellow-award



AUSGEZEICHNET
Der «SAMPE Fellow Award» 2019 ging an Urs Meier.

Fotos: Empa, Quade & Zurlüh AG, Adam Karas



NEST AN DER SWISSBAU

Auch 2020 ist NEST wieder an der Swissbau mit dabei. Gemeinsam mit Partnern lädt NEST im Swissbau Focus zu spannenden Workshops in den Themenbereichen «Energie im Quartier» und «Ressourceneffizientes, kreislaufgerechtes Bauen» ein. Daneben ist das NEST-Team während der Messe an diversen Events sowie an einem Stand (F07) in der Halle 1.0 Süd präsent. Die Swissbau öffnet ihre Tore vom 14. bis 18. Januar 2020.

WORKSHOPS

INTELLIGENTES JONGLIEREN MIT ENERGIE

Dienstag, 14. Januar 2020, 13.45–14.45
Messe Basel, Halle 1.0 Süd, Swissbau Focus, Raum 2

NÄHRSTOFFKREISLÄUFE IN BLAU-GRÜNER ARCHITEKTUR

Donnerstag, 16. Januar 2020, 15.00–16.00
Messe Basel, Halle 1.0 Süd, Swissbau Focus, Raum 3
In Zusammenarbeit mit Eawag

BAUEN IN DER KREISLAUFWIRTSCHAFT

Freitag, 17. Januar 2020, 13.15–14.15
Messe Basel, Halle 1.0 Süd, Swissbau Focus, Raum 4
In Zusammenarbeit mit eco-bau

PLANUNG UND WIRKLICHKEIT – EINE ABWEICHUNG MIT KONSEQUENZEN?

Freitag, 17. Januar 2020, 14.15–15.45
Messe Basel, Halle 1.0 Süd, Swissbau Focus, Raum 1
In Zusammenarbeit mit SCCER FEED&D und SIA

nest.empa.ch/swissbau

VERANSTALTUNGEN DER EMPA-AKADEMIE

16. JANUAR 2020

Tagung: Immissionsmessungen von High-End bis Low-Cost

Zielpublikum: Wissenschaft und Industrie
www.empa-akademie.ch/nabeltagung
Empa, Dübendorf

2.–7. FEBRUAR 2020

Tagung: Atomic, Cluster and Surface Physics

Zielpublikum: Wissenschaft
<https://sasp20.empa.ch>
St. Moritz

7. FEBRUAR 2020

Kurs: Elektrochemische Charakterisierung und Korrosion

Zielpublikum: Industrie und Wirtschaft
www.empa-akademie.ch/korrosion
Empa, Dübendorf

6. MÄRZ 2020

Kurs: Tribologie

Zielpublikum: Industrie und Wirtschaft
www.empa-akademie.ch/tribologie
Empa, Dübendorf

11. MÄRZ 2020

Kurs: Neue Trends in der Füge-technologie

Zielpublikum: Industrie und Wirtschaft
www.empa-akademie.ch/fuegetech
Empa, Dübendorf

Die komplette Liste der Veranstaltungen finden Sie unter:
www.empa-akademie.ch.

THE PLACE WHERE INNOVATION STARTS.



Materials Science and Technology