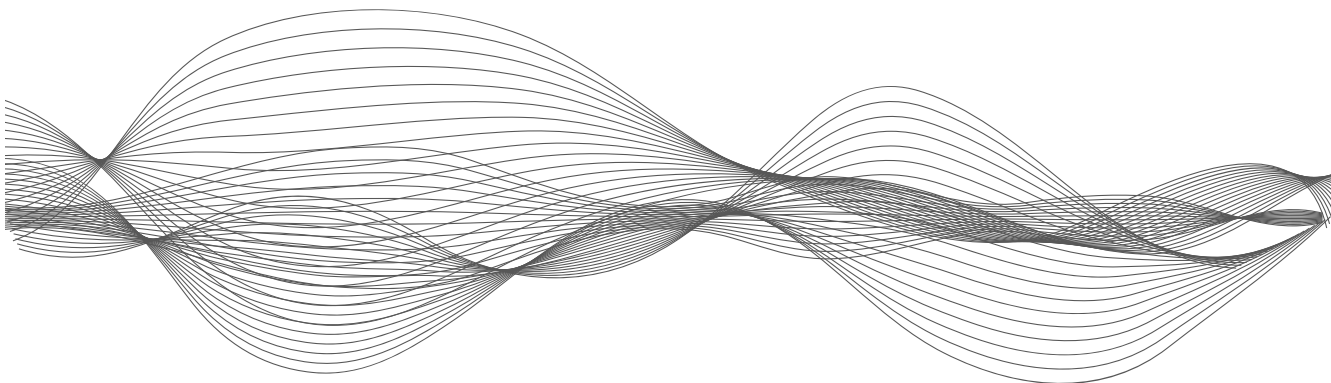
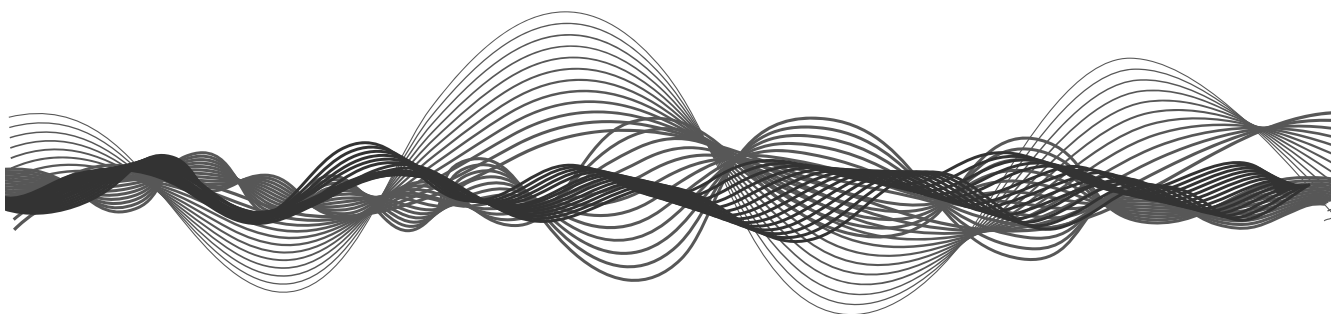
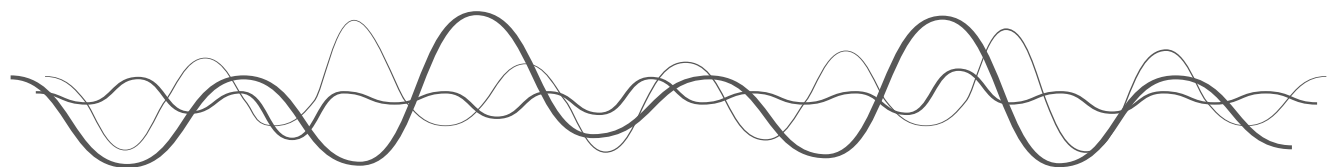


Empa Quarterly

FORSCHUNG & INNOVATION II #69 II OKTOBER 2020

FOKUS

NEBENWIRKUNGEN UNSERES WOHLSTANDS



LÄRMSCHUTZ IN GRÜN
ZEMENT FÜR ENDLAGER
ÖKO-SPRIT FÜR LASTWAGEN

[INHALT]

[FOKUS: NEBENWIRKUNGEN UNSERES WOHLSTANDS]



18



16



28



07



32

[FOKUS]

12 ENDLAGER
Der passende Zement
für Endlager

16 FEINSTAUB
Wie gefährlich ist
Bremsstaub?

18 LÄRMSCHUTZ
Ein Blick ins Grüne hilft
gegen Belästigung

20 NACHHALTIGE
TREIBSTOFFE
Dimethylether als
Treibstoff für Lastwagen

[THEMEN]

08 INTERVIEW
Peter Wick über seine
Corona-Forschung an der
Empa

24 SMARTE FASERN
Optische Warnung bei
Materialermüdung

28 PORTRAIT
Pietro Lura will Beton und
Asphalt klimafreundlich
machen

32 LEBENSMITTEL-
TECHNOLOGIE
Früchte trocknen schneller
dank Ionenwind

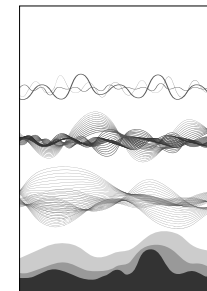
[RUBRIKEN]

04 WISSEN IM BILD

06 IN KÜRZE

34 UNTERWEGS

[TITELBILD]



Unsere Zivilisations-
gesellschaft zeitigt
Nebenwirkungen:
wir erzeugen Lärm,
Staub, Abfälle und
Klimagase. Die
Empa findet Wege,
diese Emissionen
zu erkennen und zu
minimieren.
Bild: istockphoto

[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
PRODUKTION
rainer.klose@empa.ch

ISSN 2297-7406
Empa Quarterly (deutsche Ausg.)



Empa Social Media



WIDER DIE BESSERWISSEREI

Liebe Leserin,
lieber Leser



Ich muss zugeben: Langsam schlägt mir das Virus aufs Gemüt. Aber eigentlich ist es gar nicht dieser halbtote RNA-Schmarotzer, der mir so auf die Nerven geht, sondern einige meiner Mitbürgerinnen und Mitbürger. Nämlich diejenigen, die zu wissen glauben – schöne Wortkombination übrigens, ist mir erst beim Schreiben aufgefallen –, was Sache ist und wie dem ganzen Spuk beizukommen sei. Wohlgermerkt, in einer Situation, die wir alle noch nie erlebt haben und die selbst Experten zuweilen ratlos zurücklässt. (Naja, hör ich's jetzt in meinem geistigen Ohr, was taugen schon «Experten», wenn man eine gute Intuition, irgendwelche Kräuter oder einen Alu-Hut hat?)

Die Weisheit mit Löffeln gefressen hat keiner der Experten, die ich kenne. Wir täten gut daran, einander wieder mehr Vertrauen entgegenzubringen. Und nicht gleich mit dem verbalen Zweihänder draufzuschlagen, wenn jemand einmal anderer Meinung ist. Zuhören, nachdenken, nachfragen und, ja, auch einmal geduldig ausharren ist nicht die schlechteste Strategie (ausser, wenn man plötzlich vor einem hungrigen Löwen steht, was hierzulande gottlob nicht allzu häufig vorkommt).

Dies alles hat nun leider gar nichts mit dem Inhalt des aktuellen Quarterly zu tun, doch ich wollte es einmal loswerden – und als Herausgeber kann man sich diese Freiheit ja bisweilen erlauben. (PS: Ab Seite 8 können Sie lesen, wie Empa-Forscher daran arbeiten, der Pandemie Herr zu werden – und damit schliesst sich der Kreis wieder, zumindest thematisch.) Spannende Lektüre!

Ihr MICHAEL HAGMANN

EIN SANDSTRAND? NEIN, EIN BETONDACH!

Auf der Baustelle von «HiLo», der neuesten Unit im Forschungs- und Innovationsgebäude NEST, wird das Dach «gesprüht». Für die doppelt-gekrümmte Beton-Sandwich-Konstruktion wird keine herkömmliche Schalung verwendet, sondern ein Textil, das auf einem wiederverwendbaren Kabelnetz liegt. Das Gewicht des nassen Betons versetzt das Netz in eine vordefinierte Position und gibt dem Dach so letztlich seine Form. Zur Planung und Berechnung entwickelten die Forschenden der «Block Research Group» der ETH Zürich neue Design-Algorithmen.

Mehr zur NEST-Unit «HiLo» unter:
<https://nest.empa.ch/hilo>



foto: Roman Keller

WIE GEFÄHRLICH SIND BRENNENDE ELEKTROAUTOS?



RUSS

Ein Batteriemodul eines Elektroautos entwickelt beim Brand grosse Mengen von Russ, in dem sich giftige Metalloxide befinden.

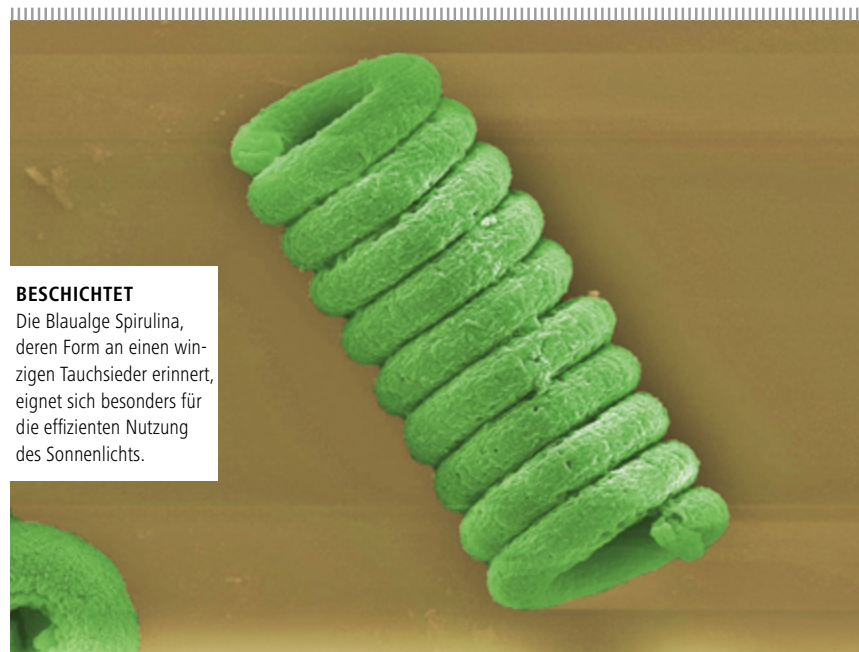
Was passiert, wenn ein Elektroauto in einem Strassentunnel oder in einer Tiefgarage Feuer fängt? Im Versuchsstollen Hagerbach setzten Empa-Forscher gemeinsam mit dem Tunnelsicherheits-experten Lars Derek Mellert Batteriezellen von Elektroautos in Brand, analysierten die Verteilung von Russ und Rauchgasen sowie die chemischen Rückstände im Löschwasser.

www.empa.ch/web/s604/brandversuch-elektroauto

MINI-KRAFTWERKE AUS BESCHICHTETEN BLAUALGEN

Blualgen gehören zu den ältesten Lebewesen dieser Erde und haben die Nutzung von Sonnenlicht über Milliarden Jahre perfektioniert. Materialforschende der Empa haben die genügsamen Einzeller nun mittels Halbleiter-Beschichtung zu Mini-Kraftwerken ausgerüstet, die Biokraftstoffe liefern und im Sonnenlicht photokatalytisch aktiv werden. Und obendrein fügen sich die Reaktionen zu einem raffinierten Rohstoffkreislauf zusammen.

www.empa.ch/web/s604/spirulina



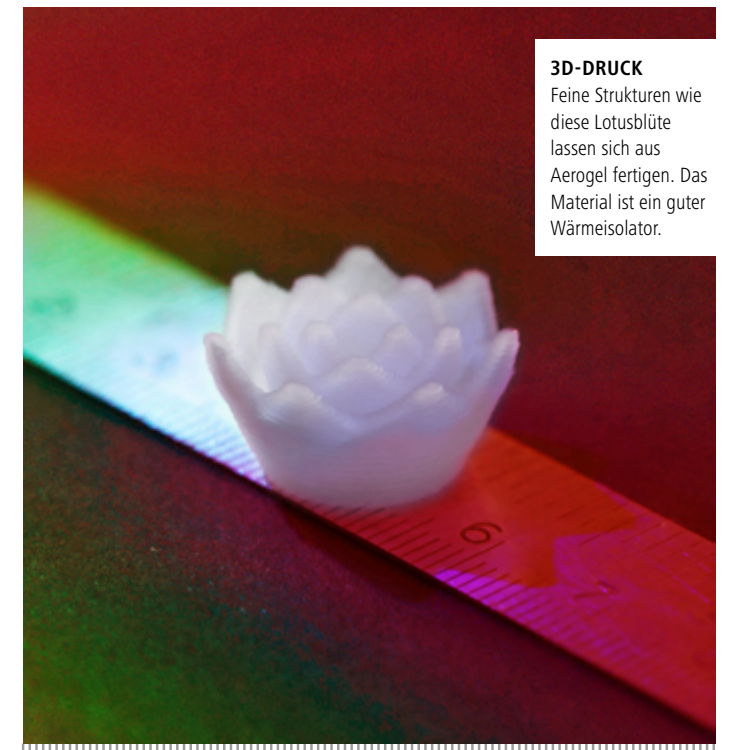
BESCHICHTET

Die Blualge Spirulina, deren Form an einen winzigen Tauchsieder erinnert, eignet sich besonders für die effizienten Nutzung des Sonnenlichts.

MIKROCHIPS VOR HITZE SCHÜTZEN

Aerogel ist ein hervorragender Wärmeisolator. Bislang wird es jedoch vor allem im Grossmassstab eingesetzt, etwa in der Umwelttechnik, bei physikalischen Experimenten oder in der industriellen Katalyse. Empa-Forscher ist es nun gelungen, Aerogele auch für die Mikroelektronik und im Bereich der Feinmechanik zugänglich zu machen. Dies eröffnet zahlreiche neue Anwendungsmöglichkeiten, etwa in Mikroelektronik, Robotik, Biotechnologie und Sensorik.

www.empa.ch/web/s604/aerogel-als-mikrobaustoff



3D-DRUCK

Feine Strukturen wie diese Lotusblüte lassen sich aus Aerogel fertigen. Das Material ist ein guter Wärmeisolator.



LUFTQUALITÄT

Empa-Schadstoffexperte Christoph Hüglin an der neuen Messstation.

NEUE LUFTMESS-STATION IN DÜBENDORF

Die Luftqualität in der Schweiz ist besser geworden, sie ist aber noch nicht gut genug. Um die langjährigen Messreihen von Luftschadstoffen in Dübendorf weiterzuführen, hat der Bund in seinem Messnetz NABEL (Nationales Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe) eine neue Station eröffnet. Sie zeigt nicht nur, ob die Luftreinhaltemassnahmen greifen, sondern dient auch der Erforschung neuer Messgeräte oder Luftschadstoffe.

www.empa.ch/web/s604/nabel-station-2020

«ENTSCHEIDEND FÜR DIE CORONA- IMPFSTRATEGIE»

Weltweit werden Anstrengungen unternommen, das Coronavirus SARS-CoV-2 zu bekämpfen. Empa-Forscher Peter Wick, Leiter des Particles-Biology Interactions-Labors in St. Gallen, äussert sich im Interview zu Antikörperstudien, die für die Entwicklung eines Impfstoffs entscheidend sind und die nächste Generation von textilen Schutzmaterialien, die Coronaviren inaktivieren oder gar abtöten.

Interview: Andrea Six

Derzeit wird fieberhaft nach einem Corona-Impfstoff gesucht. Eine Antikörperstudie, an der Ihr Team beteiligt war, lieferte nun Hinweise zur Immunität gegen das Virus. Welche Lehren können Sie aus den Ergebnissen ziehen?

Peter Wick: Bei der Studie mit 160 Personen, die einen bestätigten, aber eher milden COVID-19-Verlauf hatten, haben wir zusammen mit dem Zentrum für Labormedizin (ZLM) und dem kantonalen Gesundheitsdepartement in St. Gallen die Antikörperwerte im Blut über einen Zeitraum von zwölf Wochen analysiert. Beunruhigt hat uns, dass die Immunantwort auf das Virus bereits fünf Wochen nach der Infektion wieder abnahm. Wenn man also bereits zwei Monate nach einer Infektion wieder empfänglich für das Coronavirus wäre,

wie unsere Daten nahelegen, kann von der oft zitierten «Herdenimmunität» keine Rede sein. Denn einen breiten Schutz der Bevölkerung aufgrund von Menschen, die eine Infektion durchgemacht haben und dadurch immun sind, kann es dann nicht geben.

Was bedeutet das für eine künftige COVID-19-Impfung?

Diese Ergebnisse sind entscheidend für die COVID-Impfstrategie. Denn ein Impfstoff soll im Körper eine Immunreaktion hervorrufen, indem er eine Infektion simuliert und dadurch einen langanhaltenden Schutz erzeugt. Es ist also aufgrund unserer Daten denkbar, dass eine COVID-Impfung nur einen verhältnismässig kurzen Schutz bietet. Das ist aber natürlich auch abhängig von



MASKENSTOFF

Als Mitglied der «Swiss National COVID-19 Science Task Force» engagiert sich Peter Wick in der Corona-Forschung.

Foto: Empa



BLUTPROBEN
Wie das Immunsystem auf das Coronavirus reagiert, analysiert Empa-Forscher Peter Wick im Rahmen von Antikörperstudien mit dem Blut von COVID-19-Infizierten.



PETER WICK

WERDEGANG: Nach seinem Biologiestudium und der Promotion an der Universität Freiburg trat Wick 2002 in die Empa ein. Der Experte in Zellbiologie und Molekularbiologie leitet seit 2014 die Abteilung Particles-Biology Interactions. **FORSCHUNG:** Wick hielt mehrere Jahre Vorlesungen an der ETH Zürich über «Luftqualität und Gesundheit» und koordinierte als Vorsitzender Wissenschaftsprojekte wie die CCMX Materials Challenge «Nano Screen» und Konferenzen wie die Swiss NanoConvention. Kommendes Jahr wird er die NanoMedEurope in St.Gallen organisieren.

der Art des Impfstoffs und dem Intervall zwischen den Auffrischungsimpfungen.

Reagieren alle Infizierten gleichermassen mit einer relativ rasch abnehmenden Immunantwort?

Nein, das scheint nicht so zu sein. Wir konnten feststellen, dass der Trend zur sinkenden Immunreaktion bei Männern deutlicher ausgeprägt ist als bei Frauen. Die Kohorte bietet mit 160 Personen über einen Zeitraum von zwölf Wochen zwar einen grossen und langen Einblick ins Infektionsgeschehen, wenn man sie mit anderen Studien zu COVID-19 vergleicht. Für statistisch signifikante Eigenheiten von Subgruppen, also Alter, Geschlecht etc., müsste die Kohorte allerdings noch erheblich grösser sein.

Ist also eine Fortführung der Studie geplant?

Die jetzige Studie hat einen ersten Trend aufgezeigt. Nun wollen wir zusammen mit dem ZLM die Immunreaktionen genauer anschauen. Im Hinblick auf eine personalisierte Medizin ist das Untersuchen von Subpopulationen von Infizierten ein wichtiger Aspekt. Impfstrategien könnten also gegebenenfalls

für unterschiedliche Patienten oder Patientengruppen anders aussehen, beispielsweise je nach Alter, Geschlecht oder Risikofaktoren. In einer Fortführung der Antikörperstudie wollen wir nun die Kohorte vergrössern und über einen längeren Zeitraum weitere Daten sammeln. Zudem soll auch ein weiterer Aspekt der Immunantwort beobachtet werden – die zelluläre Immunabwehr. Denn es gibt bereits Hinweise darauf, dass die dabei beteiligten Immunzellen und ihre Botenstoffe bei Männern und Frauen ebenfalls unterschiedlich auf das Coronavirus reagieren.

Die Empa engagiert sich stark innerhalb des ReMask-Konsortiums. Welche Fortschritte sind von Seiten der Maskenentwicklung zu erwarten?

Wir arbeiten – gemeinsam mit Industriepartnern, Klinikern und dem ReMask-Netzwerk – an einer neuen Generation von Schutzmaterialien. Darunter sind beispielsweise Masken mit einer antiviralen Beschichtung. Hier kommt eine ganze Palette von Möglichkeiten in Frage, die Viren inaktivieren oder sogar zerstören, wie etwa Nanobeschichtungen oder Oberflächenfunktionalisierungen. Aber es können auch andere Textilien mit Schutzfunktionen ausgerüstet werden. Antivirale Vorhänge, Kleidung für Gesundheitspersonal Kittel oder Sitzbezüge in Verkehrsmitteln sind bei unseren Überlegungen zu neuartigen Schutzmaterialien ebenfalls ein Thema. Dabei sind wir im ständigen Austausch mit unseren Industrie- und Forschungspartnern, um die Bedürfnisse für neuartige effiziente Lösungen zu identifizieren. So kann die Schweizer Industrie bei der Produkteentwicklung in der obersten Liga mit dabei sein.

Die Empa hat Empfehlungen für textile Community-Masken erarbeitet. Sind derartige waschbare Stoff-

masken auch ökologisch sinnvoll?

Momentan planen wir, Stoff- und Einwegmasken in umfassenden Vergleichsanalysen zu untersuchen und Ökobilanzen zu erstellen. Denn es gibt wichtige Fragen über die eigentliche Wirksamkeit der Masken hinaus. Dazu gehören etwa Gesundheits- und Sicherheitsaspekte. Werden Fasern in der Waschmaschine abgerieben und gelangen Faserbruchstücke ins Abwasser? Atmen wir Nanopartikel ein, die sich von beschichteten Masken lösen? Diesen Fragen gehen wir gemeinsam mit dem «Technology and Society»-Labor der Empa nach. Dabei kommt uns auch unser bereits etabliertes Lungenmodell ALI zugute, kurz für «Air Liquid Interface Exposure System». Dank ALI können wir zum Beispiel untersuchen, wie Lungenzellen auf Partikel aus der Luft reagieren, so wie es bei der Atmung im Körper geschieht.

Lassen sich aus der jetzigen Pandemie auch positive Aspekte für die Forschung von morgen mitnehmen?

Wir konnten schon zu Beginn der Corona-Pandemie auf unsere erstklassige Forschungsinfrastruktur und unser grosses Netzwerk zurückgreifen, um neue Ideen möglichst rasch in praktische klinische Anwendungen zu überführen, so wie wir das als «Innovationsschmiede» täglich tun. Insgesamt muss man aber sagen, dass eine derartige Situation eine enorme Herausforderung für die Gesellschaft ist – aber auch eine Chance für die Forschungslandschaft. Es hat sich gezeigt, dass die Forschung in der Schweiz in der Krise zusammengedrückt ist und flexibel auf die Bedürfnisse der Gesellschaft reagiert hat. Für unsere Forschung hat daraus ein Zuwachs an digitalen Lösungen resultiert und unser Bestreben gestärkt, mittels Big-Data-Analysen komplementär zu experimentellen Arbeiten

und zu den Arbeiten unserer klinischen Partnern optimal agieren zu können.

Methodisch etablieren wir zudem derzeit ein Verfahren, das auch für künftige Anwendungen einsetzbar sein soll. Zum Beispiel müssen Hersteller von Schutzmaterialien ihre Produkte in der Entwicklungsphase auf die Schutzwirkung gegen Viren testen lassen. Bisher war das ein aufwändiges Verfahren, das nur in speziellen Labors durchgeführt werden konnte. Wir wollen diese Entwicklungsschritte beschleunigen, indem wir alternativen Methoden entwickeln, etwa inaktivierte, harmlose Viren, die mit Farbstoffsignalen ausgerüstet sind und die aufleuchten,

«Eine spezielle Beschichtung auf Textilien könnte Viren zerstören»

sobald die Erreger von einer Beschichtung neutralisiert wurden. Ist diese Methode einmal etabliert, können Produktentwickler ihre Materialien in einem frühen Stadium untersuchen, ohne extra ein Hochsicherheitslabor einschalten zu müssen. Und erst für die endgültige Zulassung werden dann Wirksamkeitstests mit infektiösen Viren nötig. ■

Mehr Informationen zum Thema finden Sie unter: www.empa.ch/web/s403

Fotos: Empa

DIE EWIGKEIT IM FELSLABOR

Zement ist eines der Schlüsselmaterialien, will man radioaktiven Abfall sicher lagern. Nötig ist eine schier unendliche Haltbarkeit der Behälter. Empa-Forschende analysieren daher Materialsysteme, die diese Aufgabe bewältigen können.

Text: Andrea Six



LAGER IM TON
Sondierstollen im internationalen Felslabor Mont Terri. Seit 1996 werden hier Gesteinsformationen untersucht, die bei der Lagerung radioaktiver Abfälle helfen könnten.

Wenn Barbara Lothenbach ihre Forschungsprojekte vorantreibt, weiss sie, dass sie deren endgültiges Ergebnis nicht mehr erleben wird: 100'000 bis eine Million Jahre soll halten, was sie erarbeitet. Die Forscherin vom Empa-Labor «Beton & Asphalt» untersucht Zement-basierte Materialien, die sich für die Entsorgung von radioaktiven Abfällen eignen.

Foto: swisstopo

In der Schweiz sollen entsprechend dem Kernenergiegesetz geologische Tiefenlager künftig schwach-, mittel, und hochaktiven Atommüll aufnehmen. Hierzu müssen stabile Gesteinsschichten vorhanden sein, die die Endlagerbehälter umschliessen. Da Materialforscher allerdings wissen, dass kein Material unveränderlich ist und selbst Marmor, Stein und Eisen brechen, muss ein Wirtsgestein ausgesucht werden, das über Jahrtausende geologisch möglichst stabil und dicht ist. Der 180 Millionen Jahre alte

Opalinuston, der sich in der Schweiz beispielsweise zwischen Olten und Schaffhausen in einer Tiefe von 600 Metern ausdehnt, hat sich als passendes Wirtsgestein herauskristallisiert. Da er eine geringe Wasserleitfähigkeit hat, besitzt er hervorragende isolierende Eigenschaften.

FELSENFEST IM BERG VERSCHLOSSEN

Doch wie reagieren die kristallinen Strukturen und die Tonmineralien von Opalinuston mit Zement-basierten Sicherheitsbarrieren, wenn der nagende

Zahn der Zeit zu Veränderungen führt? Die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) benötigt hierzu Daten, damit ein Endlager für Atommüll im Hinblick auf Umweltschutz und Sicherheit felsenfest in der Erde eingebettet werden kann.

Den dazu nötigen Analysen widmen sich auch Barbara Lothenbach und ihr Team, indem sie Experimente im Felslabor Mont Terri in St. Ursanne, das in einer Opalinustonschicht errichtet wur- ▶

de, unter realitätsnahen Bedingungen durchführen. Gemeinsam mit internationalen Partnern und Forschungsgruppen aus der Schweiz wie etwa der Universität Bern und dem Paul Scherrer Institut (PSI) werden Reaktionen von Zement-basierten Materialien und dem umliegenden Opalinuston simuliert. Die Langzeitentwicklung der Grenzsichten zwischen den sehr unterschiedlichen Materialsystemen untersuchen und modellieren die Forschenden dabei in mehrjährigen Versuchsansätzen bei unterschiedlichen Temperaturen zwischen 20 und 70 Grad Celsius.

COMEBACK EINES ALTEN BEKANNTEN

Von besonderer Bedeutung ist hierbei der stark alkalische pH-Wert von Zement, der bei herkömmlichem Portland-Zement bei pH 13.5 oder sogar darüber liegen kann. Damit das alkalische Milieu die Tonminerale in der Umgebung weniger stark angreift, schien zunächst eine Neuentwicklung, der sogenannte «low-alkali»-Zement, ein guter Kandidat für langlebige, Zement-basierte Schutzbarrieren zu sein. Mit einem pH-Wert von 12.2 oder tiefer weist er eine mehr als zehnmal niedrigere Alkalikonzentration auf. Lothenbach und ihr Team verglichen daher Zementarten mit unterschiedlichen pH-Werten mittels thermodynamischer Modellierungen und Röntgendiffraktionsanalysen. Erstmals liegen damit Langzeitergebnisse vor, mit denen sich die Zementarten und ihre Evolution im Berg charakterisieren liessen. Es stellte sich heraus, dass low-alkali-Zement tatsächlich schonender mit den Tonmineralien umgeht. Allerdings bilden sich bei Verwendung von herkömmlichem Portland-Zement über die Zeit chemische Verbindungen, die zu ähnlich günstigen Verhältnissen in der Sicherheitsbarriere führen. «Damit ist der preiswertere und erprobte Portland-Zement wieder zurück in den Mittelpunkt des Interesses gerückt», sagt Lothenbach.

DAS MONT TERRI PROJEKT

Am internationalen Forschungsprogramm im Mont Terri Felslabor sind elf Nationen mit verschiedenen Universitäten und Forschungsinstituten beteiligt, darunter die Empa. Das unterirdische Felslabor befindet sich in einer Opalinuston-Schicht in 300 Meter Tiefe im Mont Terri bei St. Ursanne (JU). Das Labor wird vom Bundesamt für Landestopografie (swisstopo) betrieben, die Projektpartner finanzieren die Forschungsprogramme. Seit 1996 werden hier Gesteinsformationen untersucht, die bei der Lagerung radioaktiver Abfälle eine Rolle spielen könnten.

VERZWICKTE RADIOAKTIVITÄT

Die Reaktion zwischen Atom Müll und Zement darf keinesfalls die Sicherheitsbarrieren des Lagers beeinträchtigen. Die Empa-Forschenden haben darum radioaktive Isotope, die im radioaktiven Abfall vorhanden sind, wie etwa jene des Elements Selen, in Adsorptionsstudien untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass Selen-Verbindungen vom Zement aufgenommen werden, und zwar in grossen Mengen. «Eine Schutzbarriere aus Beton verzögert das Austreten von Radioaktivität in die Biosphäre, da die Zementminerale die radioaktiven Substanzen binden und damit eine Verbreitung aufhalten», sagt Zement-Expertin Barbara Lothenbach.

So einfach lassen sich allerdings nicht alle Prozesse bewerten, die im komplexen Zusammenspiel der aufeinander-treffenden Materialien ablaufen, gibt die Forscherin zu bedenken. Man hatte zwar gehofft, dass die Entwicklung von neuen low-alkali-Zementarten Vorteile für die Haltbarkeit der Sicherheitsbarrieren bietet. Allerdings stellte man bei anderen Eigenschaften Nachteile fest: Mittels thermodynamischer Modellierungen und experimentellen Daten konnten

die Empa-Forschenden erkennen, dass solche Zement-Arten Substanzen wie radioaktives Iodid schlechter binden.

GEFÄHRLICHE KORROSION

Erstrebenswert ist eine Isolationsschicht, die zwar möglichst wasserdicht, jedoch nicht gasdicht abschliesst. Gase können in einem Tiefenlager beispielsweise durch Korrosion der eingeschlossenen Stahlbehälter entstehen, wobei sich Eisenhydroxid bildet und Wasserstoff freigesetzt wird. Solche Gase, die über die Zeit in kleinen Mengen entstehen, müssen entweichen können, um die Entstehung von Überdruck zu verhindern. Um langfristigen Reaktionen bei der Korrosion von Eisen an der Grenze zum Zementmaterial auf die Spur zu kommen, führten die Forschenden Untersuchungen mittels chemischer Analysen und Spektroskopie durch. Erste Ergebnisse zeigen, dass sich Portland-Zement mit hohen pH-Werten besser bewährt als low-alkali Zement. Nun stehen weitere Experimente an, die diese noch wenig bekannten Korrosionsprozesse genauer beleuchten sollen.

Zudem hat Lothenbachs Team die Phasen in der Interaktionszone von Zement und Opalinuston charakterisiert, die aus der Wechselwirkung von Tonmineralen mit den Bestandteilen des Zements entstehen, wie etwa eine Magnesiumsilikat-Phase. Dass derartige Zwischenschichten entstehen und zu einer Abdichtung der Schutzschicht beitragen könnten, war bisher nicht eindeutig geklärt. Erkenntnisse dieser Art können zur Entwicklung neuer Materialsysteme beitragen, die für die gesamte Bauindustrie interessant sind, ist Lothenbach überzeugt. Denn trotz der guten Materialeigenschaften von Portland-Zement wird heute verstärkt nach Umwelt- und Ressourcen-schonenderen Alternativen gesucht, die auch für andere Anwendungen als in einem geologischen Tiefenlager eingesetzt werden könnten. ■

Fotos: swisstopo



EXPERIMENT
Gemeinsam mit internationalen Partnern untersuchen Empa-Forschende die Reaktionen von Zement mit dem umliegenden Opalinuston.



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

WER BREMST, STAUBT!

Seit Partikelfilter vorgeschrieben sind, stossen Verbrennungsmotoren immer weniger Feinstaub aus. Daher geraten Brems- und Reifenabrieb immer mehr in den Fokus von Gesundheitsexperten und Ingenieuren. Denn auch sie sind nicht unbedenklich. Doch noch gibt es ein Problem: Wie lässt sich Menge und Grösse von Bremsstaubpartikeln korrekt erfassen? Empa-Forscher entwickeln dazu gerade ein ausgeklügeltes Verfahren.

Text: Rainer Klose

Der VW Jetta Hybrid auf dem Rollenprüfstand im Moto-
renhaus der Empa hat be-
reits eine jahrelange Karriere
als Flottenfahrzeug hinter
sich. Seit Juli 2020 dient er, festgurtet
in der Testkammer, einem neuen For-

schungszweck: Er soll Bremsstaub erzeu-
gen, und zwar streng entlang dem nor-
mierten WLTP-Fahrzyklus, mit dem auch
die Auspuffemissionen ermittelt werden.

Das Interesse an Bremsstaubmessun-
gen ist noch relativ jung: Im Juni 2016

beschloss eine Abteilung der UN-Wirt-
schaftskommission UNECE namens «Par-
ticle Measurement Programme Informal
Working Group» (PMP IWG), dass es an
der Zeit wäre, ein allgemein nutzbares
Testverfahren für Bremsstaub zu entwi-
ckeln, mit dem sich Masse und Anzahl



FEINSTAUB-QUELLE

Die Bremsen eines Au-
tos emittieren Partikel
aus Metalloxid.

der emittierten Partikel zuverlässig fest-
stellen lassen. Seither haben sich einige
Forschungsinstitutionen, Fahrzeugher-
steller und Spezialfirmen für Messgeräte
mit dem Thema beschäftigt. Doch das
Problem ist nicht ganz einfach zu lösen.

VERTEILT IN ALLE RICHTUNGEN

Anderes als ein Auspuffrohr, das verläss-
lich in eine Richtung bläst, verteilt eine
rotierende Bremse ihre Partikel in alle
Raumrichtungen. Man muss die Partikel
also zunächst einfangen und dann durch
einen speziellen Luftkanal in Richtung
Messgerät fliegen lassen. Bei dem Pro-
zess darf so wenig wie möglich verloren
gehen: Weder dürfen leichte Partikel
entweichen, noch dürfen schwere
Partikel in den Leitungen liegen bleiben.

Zwei weitere Komplikationen kommen
dazu: Die Bremse eines Autos steckt an
einer rotierenden Antriebswelle, die es
für die Messung sorgfältig abzudichten
gilt, damit keine Partikel entweichen.
Und eine Bremse braucht Kühlung. Beim
fahrenden Auto sorgt der Fahrtwind
zusammen mit Ventilationslamellen zwi-
schen den Bremsscheiben für einen kü-
hlenden Luftzug. Eine voll eingeschlossene
Bremse auf einem Prüfstand kann da-
gegen schnell heisslaufen – und würde
dann völlig andere Partikel produzieren
als im realen Alltagsverkehr. Eine solche
Messung wäre von geringem Wert.

ALLE EMISSIONEN ZUGLEICH MESSEN

Die Arbeitsgruppe PMP IWG der UNECE
löst das Problem durch eine Vereinfä-
chung: Die gewünschten Bremsentests
sollen in vollständig geschlossenen
Prüfständen ablaufen. Solche Prüfstände
gibt es. Sie ähneln grossen Schränken, in
denen Bremsscheiben und Bremsbeläge
aufeinander reiben. Getestet wird also
nur ein Bauteil, nicht das ganze Auto.

«Wir versuchen es auf anderem Weg»,
sagt Panayotis Dimopoulos Eggenschwi-



LEBENSNAH
Die Empa misst
Emissionen am
ganzen Auto.

ler, der den Versuchsaufbau an der Empa
konzipiert. «Wir wollen während eines
Fahrversuchs am Prüfstand alle Emissi-
onen eines Autos gleichzeitig messen.
Das hat eine grössere Aussagekraft als
Daten aus einem isolierten Bremsprüf-
stand, die dann auf reale Verhältnisse
umgerechnet werden müssen.»

EINE LUFTIGE SPEZIALKONSTRUKTION

Gemeinsam mit dem Ingenieur Daniel
Schreiber hat Dimopoulos Eggenschwiler
eine Empa-Variante des Tests entwi-
ckelt, die nun mit ihren Ergebnissen den
Vergleich mit anderen, internationalen
Arbeitsgruppen bestehen muss. Bei der
Empa steht ein ganzes, reales Auto auf
dem Prüfstand, der eingangs erwähnte
VW Jetta Hybrid. Die Bremse des rechten
Vorderrads wurde mit einem speziell
konstruierten Metallgehäuse umhüllt.

Ein Druckluftschlauch fördert von der
Front des Autos her grosse Mengen
Kühlluft in die Blechhülle, zugleich ist die
Luft das Transportmedium für die abge-
riebenen Bremspartikel. Diese werden
neben dem Schweller des Wagens in
eine etwa ein Meter lange Röhre gelenkt
und landen nach kurzer Flugzeit in einem
13-stufigen Kaskadenimpaktor, einem
speziellen Messgerät, das Partikel nach

Grösse sortiert. Nach dem Test können
die Partikelfraktionen gewogen chemisch
analysiert und im Elektronenmikroskop
etwa auf ihre Morphologie und Zu-
sammensetzung untersucht werden.

«In Vorversuchen haben wir bereits
festgestellt, aus welchen Bestandteilen
die Partikel bestehen», sagt Dimopou-
los Eggenschwiler. «Es ist vor allem
Eisenoxid, das hauptsächlich von der
Bremsscheibe stammt, sowie eine
Reihe von Oxiden und Verbindungen
aus Aluminium, Magnesium, Kalzi-
um, Kalium und Titan, die von den
Bremsbelägen her kommen.» Neben
grossen, schweren Partikeln sind auch
kleinere dabei, die durchaus eingeatmet
und in die Lunge gelangen können.

BREMSEN HYBRIDAUTOS ANDERS?

Nachdem das Messverfahren nun stabil
läuft, wird der VW Jetta zunächst im
gesetzlich vorgeschriebenen WLTP-Zyklus
betrieben und dabei seine Bremspartikel
in die Zählmaschine liefern. Danach sind
weitere Versuchsreihen geplant. «Wir
wollen zum Beispiel herausfinden, ob
Hybridaautos anders bremsen als Au-
tos mit herkömmlichem Antrieb und
dadurch auch andere Emissionen
verursachen», erläutert der Projektleiter.
Hybridaautos können auch mit Hilfe ihres
Elektromotors bremsen und müssen die
mechanischen Bremsen daher seltener
einsetzen. Im Gegenzug haben sie meist
eine grössere Masse abzubremesen.

«Mit den Messwerten wird es möglich
sein, die Betriebsphasen kommender
Fahrzeuggenerationen zu optimieren
und die Bremsstaubemissionen
besser zu kontrollieren als heute.» ■

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

DER GRÜNE SCHALLDÄMPFER

Autos, Züge, Flugzeuge: Für zwei Drittel der europäischen Bevölkerung gehört Verkehrslärm zum Alltag. Die richtige Umgebung kann diese Belästigung allerdings stark beeinflussen, wie Empa-Forschende herausgefunden haben. Grünflächen in urbanen Gebieten helfen dabei, Strassen- und Eisenbahnlärm als weniger belastend zu empfinden. Nur beim Fluglärm scheint dies kontraproduktiv: Je grüner die Umgebung, umso störender der Fluglärm.

Text: Cornelia Zogg



GRÜNE OASE
Ein Park hilft gegen Lärmbelastung.

Foto: unsplash

Vor dem Haus lärmt der Strassenverkehr, ein Zug donnert in der Ferne vorbei – das ist der Geräuschartag für viele von uns. Fast 75% der europäischen Bevölkerung lebt in urbanen Gebieten und nur ein Viertel auf dem Land. Lärmbelästigung durch Autos, Bahn und Flugzeug ist da an der Tagesordnung und ein nicht zu unterschätzendes Gesundheitsproblem. Gemäss der Weltgesundheitsorganisation WHO führt eine erhöhte Lärmbelastung zu zahlreichen negativen Effekten auf die Gesundheit, von Stress über Schlafstörungen bis hin zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Diabetes.

Doch wie lassen sich diese negativen Auswirkungen der Lärmbelastung in dicht besiedelten, urbanen Regionen vermindern, und gibt es Möglichkeiten, das subjektive Lärmempfinden zu beeinflussen? Forschende der Empa rund um Beat Schäffer von der Abteilung «Akustik / Lärminderung» haben zusammen mit Experten des Bundesamts für Umwelt (BAFU), des «Swiss Tropical and Public Health Institute» sowie der Universität Basel herausgefunden, dass das funktioniert. Ein Blick aus dem Fenster hinaus ins Grüne kann die Lärmbelästigung erheblich senken. Ob eine nahe Parkanlage, ein Teich oder die Bergkette am Horizont: Ein Blick in die Natur, und der Lärm stört uns weniger.

PARKS VERMINDERN LÄRMSTRESS

Für ihre Studie nutzte das Forscherteam den sogenannten NDVI («Normalized Difference Vegetation Index»), der auf Basis von Fernerkundungsdaten errechnet wird und die gesamte Grünfläche einer bestimmten Region dokumentiert – von einzelnen Baumgruppen an Strassenrändern bis zu grossen Parkanlagen. Ausserdem nutzte die Forschungsgruppe die Daten von Swisstopo. Dort sind alle Parks und Gartenanlagen sowie weitere

Grünflächen wie Landwirtschaftszonen und Wälder verzeichnet. Um dann herauszufinden, wie sich das Lärmempfinden bei Bewohnerinnen und Bewohnern urbaner Regionen verändert, glich das Team die Daten von Swisstopo und des NDVI mit den Befragungsergebnissen der SIRENE-Studie ab. Diese Studie mit rund 5600 Teilnehmenden lieferte 2019 Informationen zur Lärmbelästigung durch Strassen-, Bahn- und Fluglärm. Durch das Abgleichen der Daten zu den Grünflächen in der Schweiz mit den Resultaten aus der Befragung konnten Schäffer und sein Team ermitteln, wie sich Naherholungsgebiete auf das Lärmempfinden auswirken. Fazit der Studie: Parks und Grünflächen helfen dabei, das Lärmempfinden durch Strassen- und Zuglärm zu senken. Je näher die Erholungszone zum eigenen Wohnort, umso niedriger die subjektiv empfundene Belästigung durch Lärmemissionen.

WENIG WIRKUNG GEGEN FLUGLÄRM

Dass Grünflächen unsere Wahrnehmung gegenüber Lärm beeinflussen, ist keine überraschende Erkenntnis. Viel Interessanter jedoch ist das Resultat bezüglich Fluglärm. Denn hier nützen Grünflächen offenbar nichts – im Gegenteil: Je mehr Grünflächen, umso gestörter fühlen wir uns durch den Fluglärm, ergab der Abgleich der Daten. Das hat gemäss Schäffer unterschiedliche Gründe. «Während wir dem Strassen- oder Zuglärm durch etwas mehr Distanz entfliehen können, gelingt uns das beim Fluglärm nicht». Wir seien dem Lärm aus der Luft quasi hilflos ausgeliefert, denn wir können dem Lärm nicht durch ein paar wenige Meter Abstand entkommen. Dieses «Ausgeliefertsein» führe womöglich dazu, dass wir diesen Lärm als störender wahrnehmen.

Ein zweiter Punkt ist die sogenannte Inkongruenz: «Wir erwarten in einem Park, dass es leise ist. Wird diese Ruhe dann

durch etwas gestört, das wir nicht beeinflussen können, dann nehmen wir dieses Geräusch als weitaus belastender wahr», sagt Schäffer. So falle uns ein Flugzeug am Himmel kaum auf, wenn wir etwa in einer Grossstadt unterwegs sind.

GRÜN FÜRS STADTKLIMA

Hilfreich sind Parks und Gartenanlagen nicht nur gegen Lärm, sondern auch im Kampf gegen sogenannte Hitzeinseln, wie eine Studie der Empa herausgefunden hat. Als Beispiel diente der Münsterhof in Zürich. Die Forscher haben den Platz ausgewählt, um Klimasimulationen durchzuführen. 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.

KATALOG VON KRITERIEN

In einem nächsten Schritt wollen die Forschenden noch weiter auf die psychischen und insbesondere auch physiologischen Aspekte von Lärm eingehen und weitere Faktoren mit einbeziehen. Eine gerade gestartete Sinergia-Studie des Schweizerischen Nationalfonds (SNF) namens RESTORE entsteht in Kollaboration mit der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) und ist auf vier Jahre ausgelegt. Das Team will dabei genauer analysieren, welchen Effekt Grünflächen auf physiologischen Stress haben und welche Kriterien Naherholungszone erfüllen müssen, damit sich Bewohnerinnen und Bewohner optimal von Stress erholen können. Ziel ist es, diese Erkenntnisse künftig auch in den Bereich der Städteplanung einfließen zu lassen – vor allem in stark besiedelten urbanen Gebieten. ■

Mehr Informationen zum Thema finden Sie unter: www.empa.ch/web/s509

FLÜCHTIGES IM TANK

Nutzfahrzeuge sollen in Zukunft weniger CO₂ ausstossen und zugleich strengere Abgasgrenzwerte erfüllen. Viele Fachleute erwarten, dass es daher bald eng werden könnte für fossilen Diesel. Ein möglicher Alternativtreibstoff ist Dimethylether: Der leicht flüchtige Stoff lässt sich aus erneuerbarer Energie herstellen und verbrennt sehr sauber. Die Empa erforscht dieses neue Antriebskonzept mit einem speziellen Versuchsmotor.

Text: Rainer Klose

LANGSTRECKE

Der Energiebedarf von Fernlastwagen lässt sich mit Batterien kaum decken. Verbrennungsmotoren sind hier schwer zu ersetzen.

Eine Lastwagenflotte zu betreiben ist ein hartes Geschäft. Von Fernfahrerromantik ist wenig zu spüren, von starkem Wettbewerb und hohem Preisdruck dagegen viel. Immer strengere Umweltgesetze werden diesen Druck in den nächsten Jahren weiter verschärfen, hin zu geringerem CO₂-Ausstoss und strengen Abgaswerten, besonders in Bezug auf Stickoxide (NO_x). Wenn LKW-Betreiber nicht auf die neueste Technologie setzen, haben sie in vielen Ländern erhöhte Mautgebühren oder Steuernachteile zu befürchten.

Viele Nutzfahrzeug-Hersteller und -Betreiber ziehen nun alternative Antriebe in Betracht, um die Umweltverträglichkeit ihrer Flotte zu verbessern. Für Nutzfahrzeuge im Langstreckenbetrieb eignen sich Elektroantriebe jedoch kaum: Die Batterien wären zu schwer, die Ladezeiten zu lang und die erforderlichen Ladeleistungen zu hoch für einen konkurrenzfähigen Einsatz. Wasserstoff könnte dieses Problem lösen: Ab September 2020 rollen in der Schweiz die ersten Brennstoffzellen-Lastwagen von Hyundai im kommerziellen Versuchsbetrieb. Auch synthetisches Erdgas aus überschüssigem Ökostrom wird

erforscht: Am Mobilitätsdemonstrator move der Empa werden ab 2021 die ersten Erdgas-Lastwagen damit betankt. Doch es gibt noch eine weitere Alternative, der sich für Langstreckentransporte eignen würde und eine genauere Betrachtung verdient: Dimethylether.

EIN BEKANNTER STOFF

Die Chemikalie Dimethylether (DME) wird im Massstab von mehreren zehntausend Tonnen jährlich hergestellt. Der Stoff steckt als Treibgas in Spraydosen und ist Bestandteil von Kältemitteln in Kühlanlagen. Daneben ist DME als Zwischenprodukt in der chemischen

Industrie weit verbreitet. Sein Vorteil: Es lässt sich kostengünstig und fast verlustfrei aus Methanol herstellen, dies wiederum ist mit Strom aus Solar- und Windenergie günstig darstellbar. DME bietet also die Chance, Lastwagen CO₂-neutral fahren zu lassen.

Ein weiterer Vorteil: DME hat ähnliche Eigenschaften wie Flüssiggas. Es kann – anders als Wasserstoff – in günstigen Tanks unter geringem Druck in flüssiger Form befördert und aufbewahrt werden; auch die Technik für Tankanlagen ist kostengünstig, weltweit bekannt und bereits jahrzehntlang im

Einsatz. Weil im Dimethylether Sauerstoff chemisch gebunden ist, verbrennt der Stoff noch dazu besonders sauber und mit geringer Russbildung.

ERPROBUNG IM LASTWAGENMOTOR

Schon in der Vergangenheit gab es Versuche mit Dimethylether als Treibstoff: Volvo Trucks führt seit 2013 in Schweden und in den USA Praxisversuche mit Experimental-Lastwagen durch, die mit DME betrieben werden. In Deutschland läuft seit 2016 ein Forschungsprojekt mit mehreren Instituten, koordiniert vom Ford Research and Innovation Center Aachen. Der Motor wurde bereits in

einen Ford Mondeo eingebaut und im realen Strassenverkehr erprobt.

Nun wird die Empa, gemeinsam mit der FPT Motorenforschung AG Arbon, dem Politecnico di Milano, dem Schmierstoffhersteller Motorex und weiteren Partnern auf den bisher gewonnenen Erkenntnissen aufbauen. In einem Prüfstand der Empa-Abteilung Fahrzeugantriebssysteme ist seit Anfang Juli 2020 der Versuchsmotor in Betrieb, der fundierte Daten zu Brennverfahren, Effizienz und Umweltfreundlichkeit von DME im Nutzfahrzeugsektor liefern soll. «Wir kennen diesen Motor schon ►

KLIMANEUTRALER FERNVERKEHR – DIES SIND DIE OPTIONEN

Im PW-Bereich gilt der Elektroantrieb als zukunftsweisend, der Plug-In-Hybrid als Übergangslösung. Bei Nutzfahrzeugen ist die Zukunft weniger klar. Ein Überblick der diskutierten Antriebsvarianten mit ihren Vor- und Nachteilen.

TREIBSTOFF	KURZSTRECKE	LANGSTRECKE	TANK-INFRASTRUKTUR	FAHRZEUGTECHNIK	MOTORTYP
BATTERIE	GUT	SCHLECHT	TEUER	NOCH TEUER	ELEKTRO
Anmerkung: schwere Batterien verringern die Nutzlast, geringe Reichweite.					
OBERLEITUNG	SCHLECHT	GUT	TEUER	TEUER	ELEKTRO
Anmerkung: für die letzte Meile abseits der Autobahn ist ein zweites Antriebssystem nötig.					
WASSERSTOFF	GUT	GUT	TEUER	TEUER	ELEKTRO
Anmerkung: bei gasförmiger Betankung geringere Reichweite im Vergleich zum Diesel. Flüssig-Betankung ist noch nicht erprobt.					
POWER TO GAS	GUT	GUT	VORHANDEN	GÜNSTIG	BENZIN / GAS
Anmerkung: effiziente Methanisierung von Wasserstoff wird noch erforscht.					
POWER TO LIQUID	GUT	GUT	VORHANDEN	GÜNSTIG	DIESEL
Anmerkung: hohe Verluste bei der Syndiesel-Produktion im Fischer-Tropsch-Verfahren.					
DIMETHYLETHER	GUT	GUT	GÜNSTIG (WIE LPG)	GÜNSTIG	DIESEL
Anmerkung: Motortechnik wird noch erforscht.					

sehr gut», sagt Projektleiter Patrik Soltic. «Der Motorblock stammt von einem Cursor 11-Nutzfahrzeugmotor des Herstellers FPT Industrial und dient uns bereits seit fünf Jahren für diverse Forschungsprojekte. In den vergangenen Monaten haben wir ihn zusammen mit unserem Partner FPT auf DME umgerüstet.» Das war nicht ganz einfach: Das leichtflüchtige DME besitzt im Gegensatz zu Dieseltreibstoff praktisch keine Schmiereigenschaften, was vor allem die Hochdruckpumpe des Common-Rail-Einspritzsystems rasch zerstört hätte.

OHNE HILFE VON ADDITIVEN

Die Forscher wollen ihren Versuchsmotor mit reinem DME betreiben, ohne Zusatz von schmierenden Additiven, wie es bei früheren Projekten üblich war. Gemeinsam mit einem grossen europäischen Zulieferer wurde also eine neue, ölgeschmierte Common-Rail-Pumpe

entwickelt. Zudem wurden die Ventile und Ventilsitzringe auf DME-taugliches Material umgerüstet. Auch ein elektrisch betriebener Kompressor für eine präzise Abgasrückführung kommt zum Einsatz. Schliesslich sind auch die Brennräume und das Verdichtungsverhältnis des ehemaligen Dieselmotors angepasst worden. Die neue Form der Brennräume wurde mit Hilfe von mathematischen Simulationen am Politecnico di Milano errechnet. Mitfinanziert wird das Forschungsprojekt vom Bundesamt für Energie (BFE).

SIMULIERTER AUTOBAHNBETRIEB

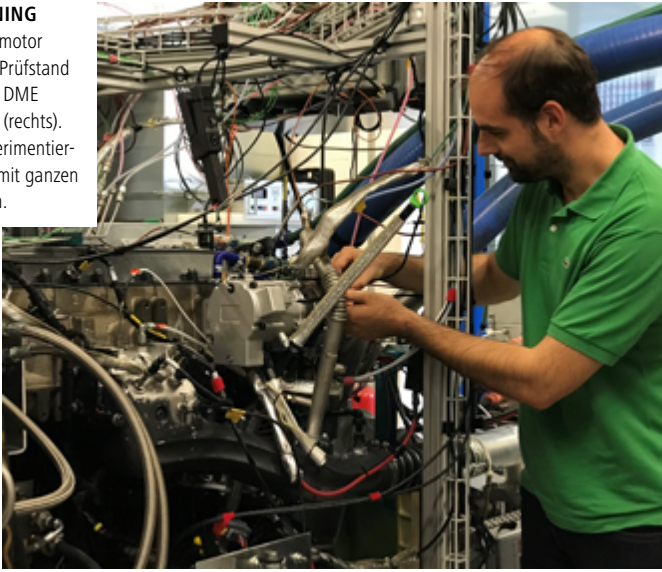
«Nun wollen wir die Maschine mit dem neuen Treibstoff kennenlernen», sagt Soltic. Die Forscher beginnen dabei mit einem im Autobahnbetrieb üblichen Mittellast-Bereich, bei dem der Motor 100 kW Leistung liefern muss. «Dann modifizieren wir unter anderem den

Zeitpunkt und den Druck der Einspritzung, schauen uns die Abgaswerte und den Treibstoffverbrauch an.» Die ersten Ergebnisse sind sehr vielversprechend. Der Experimentalmotor läuft in allen Lastbereichen stabil, erzeugt dabei so gut wie keine Russpartikel und deutlich geringere NO_x-Werte als ein Diesel. Dies führt zu einem deutlich kompakteren und günstigeren Abgasnachbehandlungssystem, selbst für zukünftige extrem strenge Abgasgrenzwerte.

Der grosse Vorteil beim DME-Betrieb, sagt Soltic, sei die Chance, in fast allen Betriebszuständen einen sehr hohen Anteil Abgas in die nächste Füllung des Zylinders zu übernehmen, mittels der sogenannten Abgasrückführung (AGR). Bei fossilem Diesel würden hohe Abgasrückfuhraten zu ansteigenden Partikelemissionen führen, dies ist bei DME nicht der Fall.



ÖKO-TUNING
Der Dieselmotor am Empa-Prüfstand wurde auf DME angepasst (rechts). Volvo experimentierte bereits mit ganzen Lastwagen.



Während der Testphase ziehen die Empa-Forscher immer wieder Proben des Motoröls, um chemischen Veränderungen auf die Spur zu kommen. Die Ergebnisse landen beim Projektpartner Motorex, der die Daten nutzt um ein neues, speziell auf den DME-Betrieb angepasstes Motoröl zu entwickeln.

FORSCHUNG UNTER KONKURRENTEN

«Derzeit befinden wir uns noch in der prä-kompetitiven Phase der Forschungsarbeit», erläutert Soltic. Die Ergebnisse des Projekts sind teilweise öffentlich und werden unter den Wettbewerbern im Fahrzeugbau gemeinsam diskutiert. Plattform hierfür ist die 2001 gegründete «International DME Association» mit derzeit 50 Mitgliedern aus Industrie und Forschung. «Doch irgendwann wird jeder seine Ergebnisse für sich behalten wollen», weiss der Empa-Forscher. «Dann ist es wichtig, dass wir die Technik beherrschen, um als Forschungspartner für die Industrie wertvollen Input liefern zu können.» ■

TREIBSTOFF AUS DER ÖKOFABRIK

Dimethylether (DME), der Öko-Treibstoff für Selbstzündermotoren, lässt sich aus Wasserstoff und CO₂ herstellen. Falls der eingesetzte Wasserstoff mit erneuerbarer Energie erzeugt und das CO₂ aus der Atmosphäre entzogen wird, liessen sich Lastwagen praktisch ohne Emissionen von Treibhausgasen bewegen.

Empa-Forscher Andreas Borgschulte forscht mit seinem Team an chemischen Prozessen, mit denen sich DME möglichst effizient herstellen lässt. Als vielversprechend gilt die Methode der sorptionsunterstützten Katalyse: Die beiden Gase Wasserstoff und CO₂ müssen dazu mit aktiven Kupferpartikeln in Kontakt kommen, um sich zu Methanol oder Dimethylether zu verbinden. Als Nebenprodukt entsteht Wasser. Zieht man nun das Wasser aus der Reaktionsmischung heraus, verschiebt sich das chemische Gleichgewicht in Richtung des Produkts. Anders gesagt: Erst dann

entstehen die gewünscht grossen Mengen an Methanol und Dimethylether. Um das Wasser zu entfernen, nutzen die Empa-Forscher Zeolith, ein Wasser absorbierendes Mineral.

In Laborversuchen fand Borgschultes Team heraus, dass bei einer bestimmten Temperatur aus CO₂ und Wasserstoff vor allem Dimethylether entsteht und nur eine vergleichsweise geringe Menge Methanol. «Die Herstellung auf diesem Weg ist also theoretisch möglich», sagt Borgschulte und gibt zu bedenken: «Leider ist das Verfahren im Moment noch nicht allzu ergiebig.» In einem nächsten Schritt müsste der chemische Prozess also noch verfeinert und geeignete Anlagen entwickelt werden. Erst dann lässt sich beurteilen, ob die DME-Herstellung mittels sorptionsgestützter Katalyse wirtschaftlich konkurrenzfähig ist.

Die Forschungsarbeiten fanden in Kollaboration mit der Universität Zürich statt und sind Teil des Projekts «LightChEC».

Fotos: Volvo, Empa

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

AM FARBIGEN FADEN

Hochleistungsfasern, die hohen Temperaturen ausgesetzt waren, verlieren meist unerkannt ihre mechanischen Eigenschaften und können im schlimmsten Fall genau dann reissen, wenn Leben davon abhängen. Zum Beispiel Sicherheitsseile der Feuerwehr oder Tragseile für schwere Lasten auf Baustellen. Empa-Forschende haben nun eine Beschichtung entwickelt, die die Farbe wechselt, wenn sie hohen Temperaturen durch Reibung oder Feuer ausgesetzt war.

Text: Cornelia Zogg

HÄLT ES NOCH?

Empa-Forscher haben Fasern entwickelt, die Materialermüdung optisch anzeigen können.



Foto: iStock

Der Feuerwehrmann rennt ins brennende Gebäude und durchsucht systematisch Raum für Raum nach Personen, die Rettung bedürfen. An ihm befestigt ist ein Sicherungsseil, an dessen anderem Ende die Kollegen draussen vor dem Haus warten und ihn im Notfall – sollte er aus irgendwelchen Gründen das Bewusstsein verlieren –

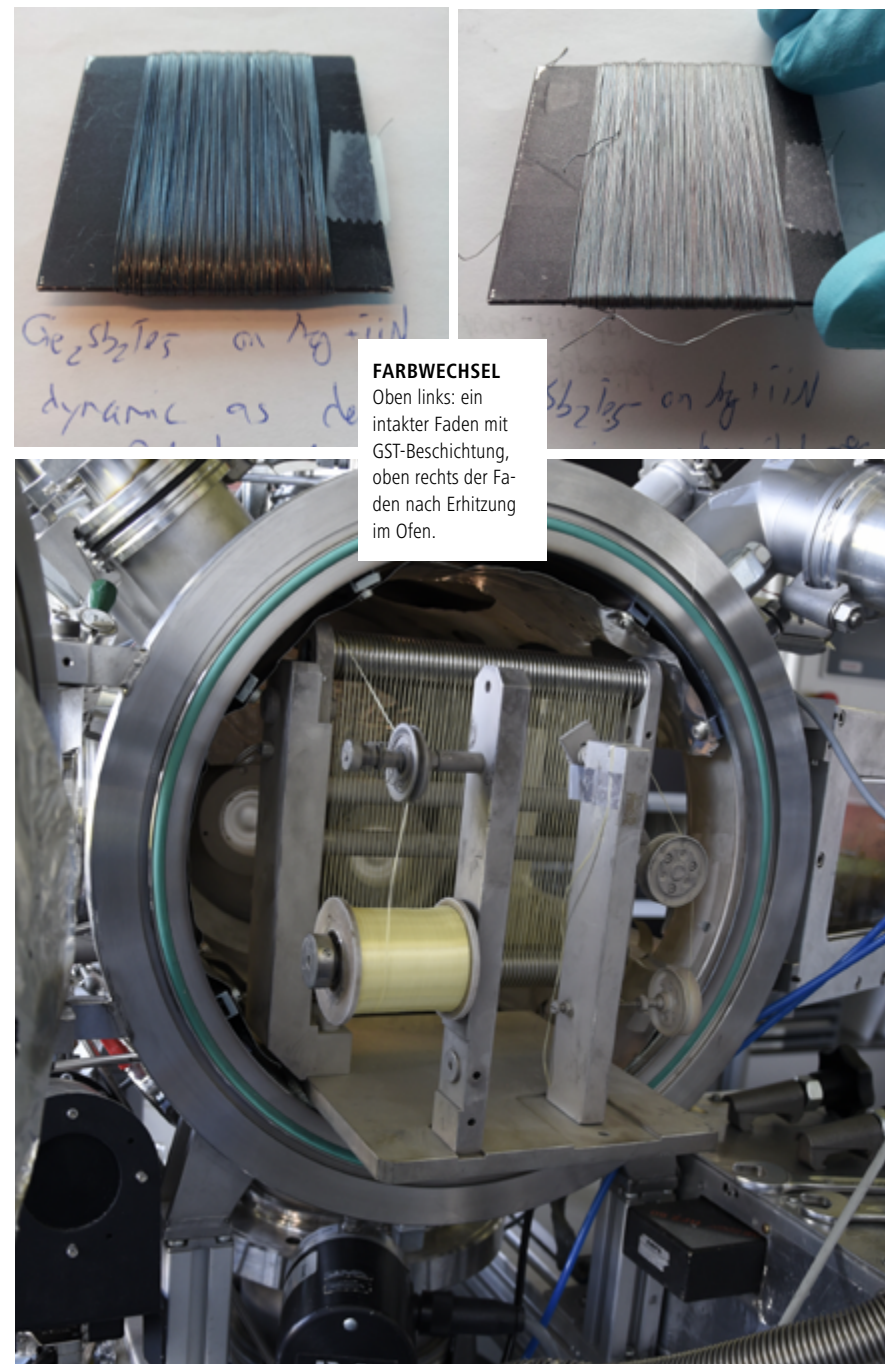
aus dem Gebäude ziehen oder ihm zur Rettung ins Gebäude folgen können. Ist dieses Seil allerdings bei vorherigen Einsätzen zu grosser Hitze ausgesetzt gewesen, kann es vorkommen, dass es reisst. Das bedeutet Lebensgefahr! Und bislang gab es keine Möglichkeit, dem Seil diese Schäden anzumerken. Ein Forscherteam der Empa und der ETH Zürich hat nun eine Beschichtung entwickelt, die

aufgrund der physikalischen Reaktion mit Hitze ihre Farbe wechselt und so deutlich anzeigt, ob ein Seil auch zukünftig noch die Sicherheit bietet, die es verspricht.

Forschende der ETH Zürich und der Empa entwickelten 2018 im Rahmen einer Masterarbeit ein Beschichtungs-system, das das Empa-Team nun auf Fasern anwenden konnten. «Das war ein Prozess mit mehreren Schritten», so Dirk Hegemann von der Empa-Abteilung Advances Fibers. Die ersten Beschichtungen funktionierten lediglich auf glatten Oberflächen; die Methode musste also zunächst einmal so angepasst werden, dass sie auch bei gekrümmten Flächen funktioniert. Die Empa verfügt beim Beschichten von Fasern über ein breites Know-How – so haben Hegemann und sein Team in der Vergangenheit bereits elektrisch leitfähige Fasern entwickelt. Das sogenannte Sputtering kam nun auch bei der neusten Beschichtung erfolgreich zum Einsatz.

DÜNNE SCHICHTEN MIT GROSSER WIRKUNG

Damit die Faser bei Hitze auch tatsächlich ihre Farbe verändert, sind drei Schichten nötig. Auf die Faser selbst, im Falle der Forschungsarbeit PET (also Polyester) und Vectran™, eine High-tech-Faser, bringen die Forschenden Silber auf. Dieses dient als Reflektor – also als metallische Basisschicht. Dann folgt eine Zwischenschicht aus Titan-Stickoxid, die dafür sorgt, dass das Silber stabil bleibt. Und erst dann folgt jene amorphe Schicht, die für die Farbveränderung sorgt: Gerade einmal 20 Nanometer dünnes Germanium-Antimon-Tellurium (GST). Wird diese



FARBWECHSEL
Oben links: ein intakter Faden mit GST-Beschichtung, oben rechts der Faden nach Erhitzung im Ofen.

«Die Farbveränderung lässt sich auf einen Temperaturbereich zwischen 100 und 400 Grad einstellen.»

Nebst Sicherheitsausrüstung für Feuerwehrleute oder Bergsteiger lassen sich die Fasern auch für Lastseile in Produktionsstätten, auf Baustellen usw. nutzen. Die Forschung am Thema ist jedenfalls noch längst nicht abgeschlossen. So lässt sich die Fasern zurzeit noch nicht über längere Zeiträume lagern, ohne ihre Funktionalität zu verlieren. «Leider oxidieren die Phase-Change-Materialien im Verlauf von einigen Monaten», so Hegemann. Das bedeutet, dass der entsprechende Phasenwechsel – die Kristallisation – selbst bei Hitze nicht mehr stattfindet und das Seil somit sein «Warnsignal» verliert. Dass das Prinzip funktioniert, ist jedenfalls bewiesen und die Haltbarkeit ein Thema zukünftiger Forschung, so Hegemann. «Sobald erste Partner aus der Industrie ihr Interesse für eigene Produkte anmelden, lassen sich die Fasern entsprechend ihren Bedürfnissen weiter optimieren». ■

Schicht erhöhten Temperaturen ausgesetzt, kristallisiert sie; dadurch verändert sich der Farbeindruck, etwa von blau nach weisslich. Der Farbumschlag basiert auf einem physikalischen Phänomen, der so genannten Interferenz. Dabei treffen zwei unterschiedliche Wellen (z.B. Licht) aufeinander und verstärken sich beziehungsweise schwächen sich gegenseitig ab. Abhängig von der chemischen Zusammensetzung der temperatursen-

sitiven Schicht lässt sich diese Farbveränderung auf einen Temperaturbereich zwischen 100 und 400 Grad einstellen und damit an die mechanischen Eigenschaften des Fasertyps anpassen.

MASSGESCHNEIDERTE LÖSUNGEN

Noch sind die möglichen Anwendungsgebiete der farbverändernden Fasern offen, und Hegemann ist derzeit auf der Suche nach möglichen Projektpartnern.

Mehr Informationen zum Thema finden Sie unter:
www.empa.ch/web/s402

Fotos: Empa



Das Empa-Buch.
Forschung in Zeiten des Wandels.
Für die Schweiz.
Seit 140 Jahren.

VIEL MEHR ALS MATERIALIEN





Eine kurze Geschichte der Empa: Wo liegen eigentlich die Wurzeln der Empa? Wie wurde aus der altherwürdigen Materialprüfanstalt ein modernes Forschungsinstitut mit internationalem Renommee? Woran forscht die Empa heute? Welche Innovationen stammen aus der «Empa-Küche»? Wie hilft die Empa der Schweizer Industrie in einem immer kompetitiveren Umfeld? Und was sind die Herausforderungen der Zukunft? Neugierig?

«VIEL MEHR ALS MATERIALIEN» gibt Antworten – ein unterhaltsamer Streifzug durch ein Stück Schweizer Geschichte, grosszügig bebildert mit mehr als 120 Fotos, Abbildungen und Grossgrafiken.

CHF 36.– zzgl. Versand, 216 Seiten, 125 Forschungsbilder, 4 ausklappbare Infografiken, ISBN: 978-3-905594-68-3

Jetzt bestellen: www.empa.ch/web/s604/beyond-materials



UNSER MANN FÜRS GROBE

Pietro Lura hat Grosses vor. Er leitet die neu geschaffene Forschungsabteilung «Beton & Asphalt» an der Empa und baut auf dauerhafte Materialien, die sich immer wieder neuen Bedingungen stellen müssen. Denn Klimawandel und Ressourcenknappheit fordern ein Umdenken im Baustoffbereich – und Lura möchte mit seiner Forschung dafür die Grundlagen schaffen.

Text: Andrea Six

Ein für die Ewigkeit erdacht, müssen Baustoffe wie Beton und Asphalt heute mit der Zeit gehen. Beide Produkte stehen vor ähnlichen Herausforderungen, wie eine umweltfreundliche, ressourceneffiziente Herstellung sowie deutlich geringere CO₂-Emissionen. Pietro Lura, der die neue Forschungsabteilung «Beton & Asphalt» an der Empa leitet, hat sich diesen Wandel zur Aufgabe gemacht. Damit passen die Tätigkeitsbereiche seines Teams – Zementchemie, Betontechnologie, Asphalt und Strassenbau – perfekt zu den Zielen des Empa-Forschungsschwerpunkts «Sustainable Built Environment». Denn die Qualität unserer gebauten Umwelt ist ein wesentlicher Faktor für eine nachhaltige Gesellschaft. Hierzu gehören qualitativ hochwertige und gleichzeitig erschwingliche Gebäude als Wohn- und Arbeitsraum, zeitgemässe Verkehrsnetze und eine zuverlässige Versorgung mit Energie, Wasser und Informationen.

Keine leichte Aufgabe, wenn man bedenkt, dass Beton und Asphalt mit einem jährlichen Bedarf von über 4.5 Milliarden Tonnen den Löwenanteil aller weltweit verwendeten Materialien darstellen. Zwar hat diese enorme

Menge einen grossen Anteil an den globalen CO₂-Emissionen. «Doch gerade darum bedeuten optimierte Materialeigenschaften auch unmittelbar eine enorme Reduktion der CO₂-Belastung, die durch diese Baustoffe verursacht wird», erklärt der Bauingenieur Lura.

ALLES EINE TEAMFRAGE

Ohnehin ist dem Forscher, der seit zwölf Jahren an der Empa arbeitet und seit 2011 eine Titularprofessur am «Institute for Building Materials» der ETH Zürich innehat, keine Aufgabe zu gross. Und das zeichnete sich bereits lange vor der Berufswahl ab: Ausgerechnet Basketball spielt der nicht gerade überdurchschnittlich grosse Lura in seiner Freizeit leidenschaftlich gern. Und nach einer humanistischen Schulbildung zog es ihn ausgerechnet in die Ingenieurwissenschaften, wo er sich an Universitäten in Italien, den Niederlanden, Dänemark und den USA profilierte.

Und genauso sieht Lura seine Aufgabe an der Empa: In der kleinen Schweiz arbeitet er in einem grossen Forschungsfeld mit enormer internationaler Konkurrenz. «Alles eine Teamfrage», findet Lura. Wie im Mannschaftssport komme es auf die Synergien im Team an. Seine

etwa 40-köpfige Abteilung weist mit ihrer Forschungsexpertise ein Alleinstellungsmerkmal im ETH-Bereich auf und hat damit eine hohe Relevanz für Entscheidungsträger wie das Bundesamt für Strassen (ASTRA). Kooperationen mit Industriepartnern und Forschungsinstitutionen auf internationalem Niveau sind zudem bereits bestens etabliert.

«BIG DATA» FÜR BAUSTOFFE

Thematisch ergeben sich innerhalb der Beton- und Asphaltforschung Synergien, weil beide Baustoffe mit ähnlichen Herausforderungen konfrontiert sind. Zentrale Themen sind etwa der Einsatz alternativer Inhaltsstoffe und bisher ungenutzter Sekundärrohstoffe aus Industrieprozessen sowie die Implementierung effizienter Recyclingprozesse.

Zement und Bitumen, die Bindemittel, auf denen Beton und Asphalt basieren, wurden zwar schon in der Antike verwendet. Heute geht die Forschung aber völlig neue Wege, um die chemischen Eigenschaften der hochkomplexen Materialien zu analysieren, die Baustoffe zu optimieren oder gar mit völlig neuen Funktionen auszustatten. Beide Baustoffgebiete setzen hierbei auf neueste Methoden, etwa aus der Digitalisie-



NAHE AM MATERIAL

Für Pietro Lura, Leiter der Abteilung Beton & Asphalt an der Empa, ist Nachhaltigkeit auch eine Herzensangelegenheit.

Foto: Sara Keller

rung (Künstliche Intelligenz, «Machine Learning», «Big Data» und Computersimulationen), der Fertigungstechnologie («Additive Manufacturing») und dem Bereich der Materialcharakterisierung.

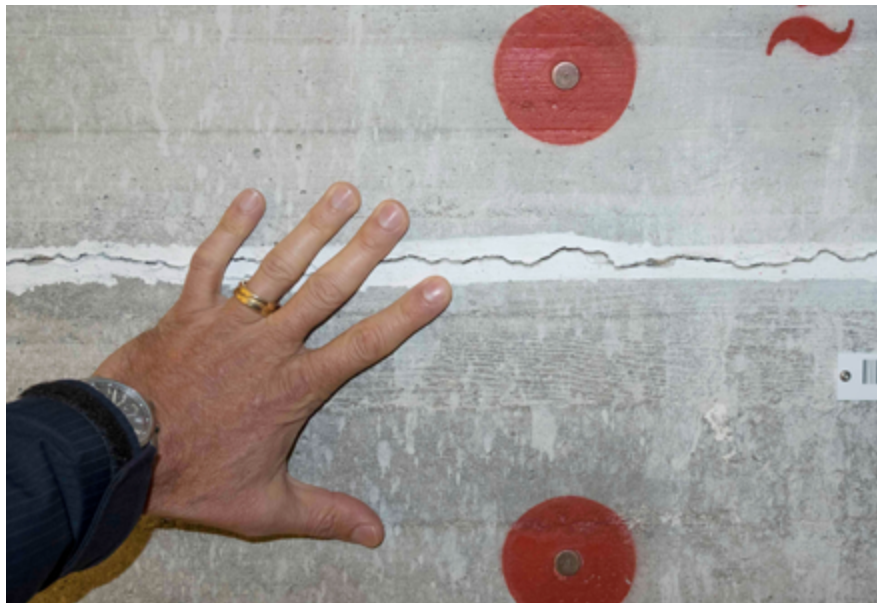
«Unser Ziel ist es, die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft umzusetzen, indem wir neue Komposit-Materialien entwickeln, das Cross-Recycling von Asphalt und Beton ermöglichen und alternative Bindemittel analysieren», sagt Lura und fügt hinzu: «Eine spannende Aufgabe in einem global stetig wachsenden Markt.»

BETON ALS GESELLSCHAFTLICHE IDENTITÄT

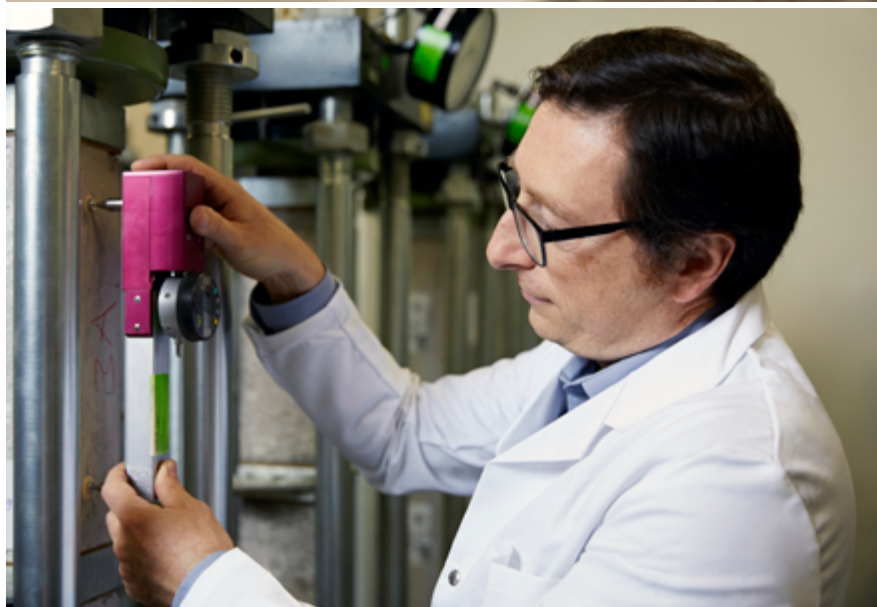
Für manchen mögen Beton und Asphalt grobe formlose Baustoffe sein, deren Faszination sich nicht auf den ersten Blick erschliesst. Für Pietro Lura ist diese Faszination dagegen offensichtlich: Beton und Asphalt sind viel mehr als kostengünstige, robuste Materialien. Sie wirken als «Bindemittel» in unserer Gesellschaft, indem sie Menschen auf Strassen zueinander bringen. Sie schaffen die gesamte Infrastruktur der Welt im Grossen – und im Kleinen, wenn der Privatsphäre Raum gegeben wird mit einem Zuhause oder einem Spitalzimmer. In einer Welt mit rasant zunehmender Mobilität und einer weithin spürbaren Globalisierung bilden die Baustoffe zudem die physische Grundlage, mit der Bauingenieure und Architekten eine gesellschaftliche Identität und kulturelle Verortung der Menschen schaffen.

ERFINDERGEIST FÜR NEUE MATERIALIEN

Als Vater von drei Söhnen ist die Nachhaltigkeit seiner Forschung für Lura auch eine Herzensangelegenheit, die gleichzeitig den Forderungen des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (UNEP) entspricht: Umgehend sollen neue zementbasierte Materialien, die klimafreundlicher und günstig sind, entwickelt und eingesetzt werden. Der Anteil des weltweiten CO₂-Ausstosses,



ZUKUNFTSFÄHIG
Aufgrund der Klimadebatte sieht Lura entscheidende globale Veränderungen auf die Bauindustrie zukommen.



Fotos: Empa, Sara Keller

«In einer globalisierten Welt bilden Baustoffe die physische Grundlage, eine gesellschaftliche Identität und kulturelle Verortung der Menschen zu schaffen.»

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. Wenn die Empa-Forschenden an der Entwicklung neuer Zement- und Bitumen-basierter Materialien arbeiten, ist ihr Ziel, weniger schädliches Klimagas entstehen zu lassen – oder sogar CO₂ aus der Atmosphäre zu bannen. Denn derzeit werden rund 700 Kilogramm CO₂ bei der Herstellung jeder Tonne Zement frei.

Innovationen voranzutreiben ist für Lura ein bekanntes Pflaster, hat er doch Erfahrung mit Erfindungen aus der Perspektive des Patentprüfers aus seiner Zeit am Europäischen Patentamt in München. «Das ist eine langfristige Strategie, die starke positive Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit der Baubranche haben wird», sagt er. So forscht sein Team beispielsweise an reduzierten Brenntemperaturen und veränderten Rohstoff-Rezepten für die Baustoffe. Alternative Inhaltsstoffe wie Hochofen-Schlacken oder Abfallprodukte aus der Elektronikindustrie werden auf ihre Verfügbarkeit und ihre Materialeigenschaften abgeklopft. Und für Beton wie Asphalt gilt: Der Recyclingprozess von abgebrochenen Gebäuden und Strassenbelägen kann noch deutlich optimiert werden. Damit derartige Ansätze nicht als Nischenprodukte enden, müssen neue Öko-Baustoffe schliesslich die gleichen Anforderungen etwa

punkto Dauerhaftigkeit und Festigkeit erfüllen wie herkömmliche Produkte.

Und in noch einem Bereich sieht Lura seine Tätigkeit als «Bindemittel»: Forschung mit der Öffentlichkeit zu verbinden. So hat er etwa als langjähriger Chefredaktor die renommierte Fachzeitschrift «Materials and Structures» betreut. Lura geht aber noch einen Schritt weiter, denn er hat darüber hinaus stets das Prinzip des «open access», also der freie Zugang zu den Ergebnissen öffentlich finanzierter Forschung, verfochten. Forschende sollen mit der Welt verbunden werden, und die Welt solle Einblick in deren Forschung erhalten. «Es ist wichtig, Fortschritte der wissenschaftlichen Community der Öffentlichkeit zugänglich zu machen.»

Als Abteilungsleiter mit einem grossen Team vermisst der Forscher seine Zeit im Labor durchaus, denn auf dem «Spiel-feld der Baustoffe» ist meist nur sein Team aktiv. Am Ball bleibt Lura dennoch, wenn er seine Ideen einbringen kann und sieht, wie sie in der gemeinsamen Weiterentwicklung wachsen und daraus neue Experimente, Technologien oder Materialkompositionen entstehen. Es sei für ihn eine spannende Zeit, zu sehen, wie ein Team zusammenwächst und gleichzeitig global wichtige Entscheidungen für die Zukunft der Bauindustrie anstünden. ■

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

TROCKENFRÜCHTE AUS DEM IONENWIND

Wird Obst oder Gemüse durch Wärme getrocknet, können Nährstoffe zerstört werden und Aromastoffe verloren gehen. Deshalb ist das nichtthermische Trocknen von Lebensmitteln – also ohne Erwärmen – in der Industrie besonders beliebt. Dabei kommen unter anderem Ventilatoren zum Einsatz. Ein neues, an der Empa entwickeltes Trocknungsverfahren mittels Ionenwind verspricht nun ein energieeffizienteres, schnelleres und erst noch schonenderes Trocknen von Lebensmitteln.

Text: Mara Hausamann

Wenn sich die Rotorblätter eines Ventilators drehen, entsteht ein gleichmässiger Wind. So nutzen wir den Ventilator an heissen Sommertagen, um uns Abkühlung zu verschaffen. Ein unerwünschter Nebeneffekt ist dabei das unangenehme Gefühl in den Augen, die durch den künstlich erzeugten Wind immer trockener werden. Diesen Effekt macht sich die Lebensmittelindustrie zunutze: Früchte und Gemüse werden in der Industrie mit Vorliebe ohne Wärmezufuhr getrocknet, denn Wärme vermindert Nähr- und Aromastoffe.

Das sogenannte nichtthermische konvektive Trocknen von Lebensmitteln mit Hilfe grosser Ventilatoren hat indes einen Haken: Die Trocknung benötigt viel Zeit und Energie. Daher sucht die Branche nach einer energieeffizienteren Methode. Eine Technologie setzt dabei auf den sogenannten Ionenwind. Dies funktioniert zwar bereits im kleinen Massstab, scheiterte bislang allerdings beim Hochskalieren auf Industriemassstab. Empa-Forschende haben nun eine energieeffizientere Trocknungsanlage ent-

wickelt, die auf Ionenwind basiert und sich für die Industrieanwendung eignet.

WIND, GANZ OHNE BEWEGTE TEILE

Ein Ionenwind wird nicht durch die drehenden Rotorblätter eines Ventilators erzeugt. Er entsteht, indem etwa ein Metalldraht mit einer positiven Hochspannungsquelle von typischerweise 10'000 bis 30'000 Volt verbunden wird. Der Draht lädt sich dadurch positiv auf und ionisiert die umliegende Luft. «Normale» Luft besteht aus verschiedenen Gasen wie Sauerstoff (O₂), Stickstoff (N₂) oder Kohlendioxid (CO₂). Jedes dieser Moleküle besteht aus Atomen und die wiederum aus positiv geladenen Elementarteilchen – den Protonen

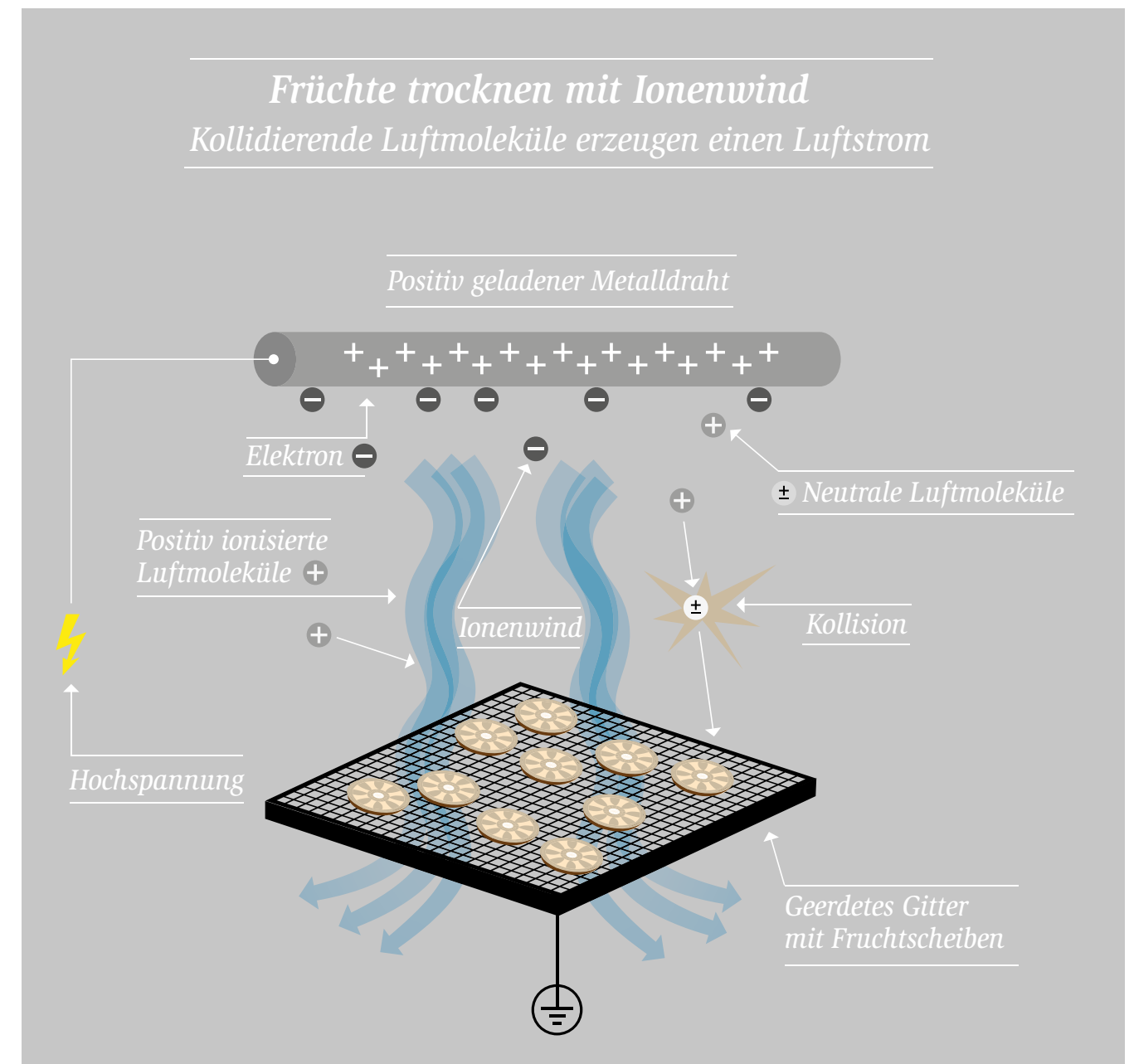
– und negativen – den Elektronen. Die Elektronen werden von dem positiv geladenen Draht angezogen, während die viel schwereren Protonen vom Draht abgestossen werden. Diese elektrostatischen Kräfte sorgen letztlich dafür, dass sich Elektronen aus den Gasmolekülen «abspalten». Die verbleibenden Moleküle sind nun positiv geladen – oder «ionisiert». Die positiven Ionen kollidieren auf ihrem Weg vom Draht weg hin zum darunterliegenden geerdeten Kollektor mit anderen Luftmolekülen und stossen diese an. Durch diesen Impuls beziehungsweise die dadurch ausgelöste Teilchenbewegung entsteht dann der Ionenwind, der auch als elektrohydrodynamischer Luftstrom bezeichnet wird.

EIN KLEINER UNTERSCHIED

Diesen Ionenwind versuchten Forscher für die industrielle Trocknung von Lebensmitteln zu nutzen. Empa-Forscher Thijs Defraeye aus der Abteilung «Biomimetic Membranes and Textiles» und sein Team legten die zu trocknenden Lebensmittel nicht wie bisher auf eine Platte, sondern verwendeten ein Gitter. «Das ist jetzt keine «Rocket Science», aber bis jetzt hat noch niemand diese Anpassung bei der



Fotos: Empa / Grafik: Empa



Trocknung mittels Ionenwind in Betracht gezogen», meint der Empa-Forscher.

Was nach einer kleinen Änderung klingt, macht einen riesigen Unterschied: Das Wasser kann nun an allen Seiten der Früchte entweichen. So trocknen die Lebensmittel doppelt so schnell und viel gleichmässiger als auf undurchlässigen Oberflächen, die bisher weltweit verwendet wurden.

Bei der weiteren Verfeinerung ihres Konzepts setzten die Empa-Forscher

auf Computersimulationen mit denen sie weitere Anpassungen und deren Einfluss auf den Trocknungsprozess virtuell durchspielen.

NÄHRSTOFFE BLEIBEN BESSER ERHALTEN

Doch lassen sich die Ergebnisse der Computerberechnungen auch in die Praxis umsetzen? In Zusammenarbeit mit Forschenden der kanadischen «Dalhousie University» wurde ein Prototyp der neuen Trocknungsanlage gebaut. Erste Versuche zeigten: Das Trocknen mittels Ionenwind ist deutlich schneller und ver-

braucht weniger als die Hälfte der benötigten Energie im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren. Ausserdem werden die Lebensmittel gleichmässiger getrocknet, die Nährstoffe bleiben besser erhalten. Besonders wichtig: das Verfahren kann relativ einfach auf Industriemassstab hochskaliert werden. Das Team um Thijs Defraeye entwickelt die Technik nun in Zusammenarbeit mit einem Schweizer Detailhändler weiter. ■

Mehr Informationen zum Thema finden Sie unter: www.empa.ch/web/s401

AVENIR SUISSE SETZT AUF EMPA-EXPERTISE



NACHHALTIG
Mit Vollgas Richtung
«Netto Null».

Der Think Tank Avenir Suisse präsentierte am 16. Juli seine neueste Publikation mit dem Titel «Nachhaltige Antriebskonzepte». Der Grundtenor ist eindeutig: Es braucht Technologieoffenheit, um das Klimaziel «Netto Null» – gemeint ist der CO₂-Ausstoss – bis zum Jahr 2050 zu erreichen. Zu den Autoren gehören auch Peter Richner und Christian Bach von der Empa.

www.empa.ch/web/s604/avenir

MITTELSTÄNDLER REZYKLIERT AKKUS

Der Schweizer Elektrofahrzeughersteller Kyburz nahm am 4. September 2020 eine hauseigene Lithiumionenbatterie-Recycling-Anlage in Betrieb – die erste dieser Art in der Schweiz. Die Anlage wurde in enger Zusammenarbeit mit Expertinnen und Experten der Empa konzipiert und schafft es, bis zu 91 Prozent der Metalle wiederzugewinnen.

www.empa.ch/web/s604/kyburz-batterie recycling



IM KREISLAUF
Die neue Recycling-anlage für Lithium-Ionen-Akkus der Firma Kyburz.

Fotos: David Becker / Unsplash, Kyburz Switzerland AG

HIGHTECH-HOLZ ALS KLIMARETTER

Am 1. September 2020 wurde Ingo Burgert, stellvertretend für die Holzforschungsteams an Empa und ETH, mit dem SDG Award 2020 des Swiss Green Economy Symposiums ausgezeichnet. «Burgert und sein Team tragen massiv dazu bei, dass in Zukunft Lösungen und Anwendungen in unserem Leben Einzug halten, welche einen Beitrag zur Klimaretterung beisteuern», hiess es in der Begründung der Jury.

www.empa.ch/web/s604/nachhaltigkeitsaward_sdg



AUSGEZEICHNET
Ingo Burgert (rechts) nahm für sein Team den SDG-Award entgegen.

EXPERTE FÜR LÄRMBEKÄMPFUNG



ÜBERBLICK
Empa-Forscher Jean Marc Wunderli ist seit kurzem «oberster Lärmbekämpfer» der Schweiz.

Der Bundesrat hat Empa-Abteilungsleiter Jean Marc Wunderli zum Präsidenten der Eidgenössischen Kommission für Lärmbekämpfung (EKLK) ernannt. Wunderli leitet seit 2019 das Labor für Akustik/Lärmminderung an der Empa. Die EKLK arbeitet als interdisziplinäre und selbstständige ausserparlamentarische Fachkommission auf den Gebieten Lärm- und Erschütterungsbekämpfung.

www.empa.ch/web/s604/wunderli-prasident-eklb

Fotos: Empa

VERANSTALTUNGEN DER EMPA-AKADEMIE

11. NOVEMBER 2020

Techbriefing: Smart Energy Applied Solutions

Zielpublikum: Industrie und Wirtschaft

www.empa-akademie.ch/technology

Empa, Dübendorf

16. DEZEMBER 2020

Workshop: Simulation and Sensing@Empa

Zielpublikum: Industrie und Wirtschaft

www.empa-akademie.ch/simsense

Empa, Dübendorf

05. MÄRZ 2021

Kurs: Tribologie

Zielpublikum: Industrie und Wirtschaft

www.empa-akademie.ch/tribologie

Empa, Dübendorf

26. MÄRZ 2021

Kurs: Klebetechnik für Praktiker

Zielpublikum: Industrie und Wirtschaft

www.empa-akademie.ch/klebetechnik

Empa, Dübendorf

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

KOSTENLOSES ABONNEMENT

Lesen Sie Empa Quarterly

- Printausgabe in Deutsch, Englisch oder Französisch
- E-Paper unter www.empaquarterly.ch

Empa Quarterly erscheint viermal jährlich und ist kostenlos erhältlich.

Empa
Redaktion Empa Quarterly
überlandstrasse 129
8600 Dübendorf
Schweiz

Geschäftsantwortung Invo commerciale-risposta
Envoi commercial-réponse

Nicht frankieren
Ne pas affranchir
Non affrancare

JETZT KOSTENLOS

ABONNIEREN



www.empa.ch/web/s604/subscribenews

Empa Quarterly

FORSCHUNG & INNOVATION

☐ Ja, ich möchte Empa Quarterly kostenlos abonnieren.

☐ Ich habe eine neue Adresse:

☐ Englisch

☐ Deutsch

☐ Französisch

Abonnenten-Nr. _____

☐ Frau

☐ Herr

Anrede

Vorname, Name

Firma

Strasse

Postfach

PLZ, Ort

Land

E-Mail

Ihre Daten werden vertraulich behandelt und nicht an Dritte weitergegeben.

THE PLACE WHERE INNOVATION STARTS.