

GLOBE

NR.
1/2021

Störungen

Das machen sie mit uns,
das machen wir mit ihnen 14



Qualität ist das Produkt
deiner

Liebe

zum Detail.

Tuana Savrim,
DevOps Engineer



#FeelFreeToWorkDifferently

Du magst es, Barrieren abzubauen und Neuland zu erkunden? Und mit Kreativität und Können verwandelst du intelligente Ideen in wertvolle Lösungen? Dann bist du bei uns genau richtig. Als internationaler Service-Provider für technologiegetriebene zukunftsweisende Innovationen bieten wir dir die passenden Herausforderungen – und jede Menge Freiräume.

Feel free to Innovate. zuehlke.com/careers

STÖRUNGEN FORDERN UNS HERAUS



GLOBE – Das Magazin der ETH Zürich
und der ETH Alumni

Ein Anruf zur Unzeit, ein Stromausfall in der Trafostation oder ein Tiefdruckgebiet, das unsere Wochenendpläne durchkreuzt: Störungen unterbrechen unsere gewohnten Abläufe und haben im schlimmsten Fall gravierende Folgen. Die Coronapandemie, die wir derzeit erleben, ist eine der grössten Störungen, mit der unsere Generation bisher zurechtkommen musste. Sie ist ein Menetekel für die Verletzlichkeit unserer hochtechnisierten und vernetzten Gesellschaften.

Störungen haben aber auch eine andere Seite. Sie zwingen uns, umzudenken und Bewährtes über Bord zu werfen. Sie bringen uns dazu, kreativ zu werden. Häufig sind es gerade unerwünschte Störungen, die uns aus dem alltäglichen Trott werfen und die Chance eröffnen, Dinge aus einer neuen Perspektive zu betrachten. Störungen erfüllen schliesslich evolutionsbiologisch eine wichtige Funktion, wie auch für die persönliche, gesellschaftliche und technische Fortentwicklung.

Störung ist somit ein vielschichtiger und vieldeutiger Begriff, über den nachzudenken sich lohnt. Die aktuelle Ausgabe von *Globe* tut dies und zeigt auf, wie wichtig Störungen im Leben sind, welche Beiträge ETH-Forschende leisten, damit wir einen besseren Umgang mit ihnen finden, und was es braucht, damit Störungen auch produktiv genutzt werden können.

Übrigens, Sie werden es bemerkt haben: Auch *Globe* hat die vergangenen Monate produktiv genutzt und erscheint mit dieser Ausgabe im neuen Kleid.

Ich wünsche Ihnen eine – ungestörte –
Lektüre!

Joël Mesot,
Präsident der ETH Zürich



**«Ich möchte andere mit
meinem Engagement für
die ETH Zürich inspirieren.»**

Roland von Ballmoos
Alumnus ETH und Gönner ETH Foundation

Die Verbundenheit von Roland von Ballmoos mit der ETH ist bis heute gross – so gross, dass der promovierte Chemiker die ETH Foundation in seinem Testament berücksichtigt. Erfahren Sie mehr und bestellen Sie unsere Informationsbroschüre rund um das Thema Nachlässe:

🌐 www.ethz-foundation.ch/nachlass

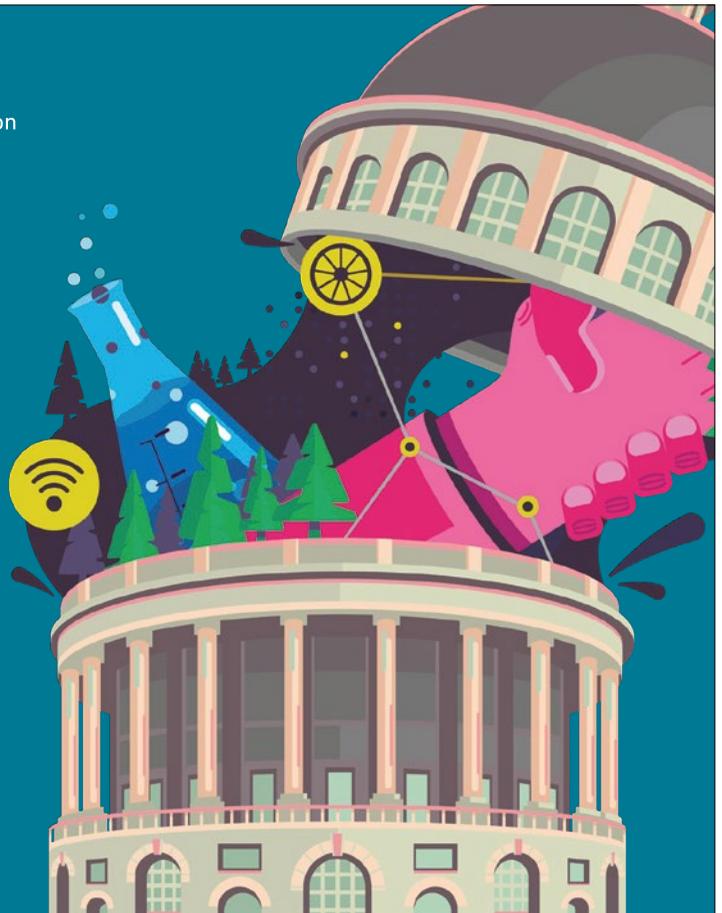
ETH Foundation

ETH zürich | School for Continuing Education

Inspired by the best

Weiterbildung für akademisch
gebildete Fach- und Führungskräfte

MAS, DAS, CAS und Weiterbildungskurse
auf www.sce.ethz.ch





NEW + NOTED

- 6 News aus der ETH Zürich
- 8 Bambus trifft 3D-Druck
- 10 **ZUKUNFTSBLOG** Das Imperium schlägt zurück.

FOKUS

- 14 **STÖRUNGEN – DIE UNGELIEBTEN LEHRMEISTER** Ein philosophischer Essay
- 18 **RÜTTELN AM FUNDAMENT DES LEBENS** Warum Störungen zur Evolution gehören und sie vorantreiben.
- 22 **RESILIENZ ALS POSITIVE KRAFT** Wie wir konstruktiv mit Störungen umgehen können.
- 25 **SYSTEMEN DEN PULS FÜHLEN** So verhindern ETH-Forschende und Praktiker Störungen in Infrastruktursystemen.
- 28 **IM AUGE DES STURMS** Martin Ackermann, Leiter der Covid Task Force des Bundes, über das Spannungsfeld von Wissenschaft, Politik und Gesellschaft



Bilder: Daniel Winkler

COMMUNITY

- 32 Verbunden mit der ETH
- 35 **TRANSFER** Grüne Nanotechnologie für sauberes Wasser
- 36 **REGELN FÜRS DOKTORAT** Ein neues Verständnis der Zusammenarbeit
- 39 **PERSÖNLICH** Bernd Bodenmiller erforscht die Krebserkrankung.

REPORTAGE

- 40 **EINE WERKSTATT FÜR RIESEN** In der Bauhalle finden Experimente für ein Hochhaus ganz aus Holz statt.

PROFIL

- 45 **IM EINSATZ FÜR DEN FRIEDEN** Die ETH-Alumna und ehemalige Diplomatin Therese Adam
- 48 **AGENDA**
- 50 **OUT OF FOKUS**

NEW + NOTED



Illustration: Fruzsina Korondi

Auf einer der grössten Stellenvermittlungsplattformen der Schweiz analysierten ETH-Forschende, wie die Rekrutierenden ihre Auswahl trafen.

Diskriminierung bei Jobsuche

Ausbildung, fachliche Kompetenz, Erfahrung: Das sind die Kriterien, die bei der Besetzung einer Arbeitsstelle wichtig sein sollten. Die Realität sieht oft anders aus, wie zahlreiche Studien gezeigt haben. So auch eine aktuelle ETH-Studie.

In einer von Dominik Hangartner (Public Policy Group), Daniel Kopp und Michael Siegenthaler (beide KOF) durchgeführten Studie in Zusammenarbeit mit dem Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO) analysierten die Forschenden Daten von Job-Room, einer der grössten Stellenvermittlungsplattformen der Schweiz. Rekrutierende nutzen sie, um nach Personal für offene Stellen zu suchen. Zunächst geben sie an, welche Kriterien sie für eine bestimmte Stelle voraussetzen. Dann erhalten sie eine Liste mit passenden Kandidatinnen und Kandidaten und können deren Profil anschauen. Dieses enthält unter anderem Informationen über Kompetenzen,

Geschlecht, Nationalität und Sprachkenntnisse. Bei Interesse können sie die Kandidatinnen und Kandidaten mit einem Klick kontaktieren, um sie zu einem Vorstellungsgespräch einzuladen.

Die Forschenden analysierten während rund zehn Monaten, welche Kandidatinnen und Kandidaten die Rekrutierenden kennenlernen wollten und wie sie ihre Auswahl trafen. Dabei zeigte sich, dass ausländische Kandidatinnen und Kandidaten im Durchschnitt 6,5 Prozent weniger häufig kontaktiert wurden als Schweizer und Schweizerinnen mit ansonsten identischen Charakteristika. Diese Benachteiligung war besonders ausgeprägt bei Migrantinnen und Migranten aus dem Balkan, aus Afrika, dem Nahen Osten und Asien. Ausserdem konnten die Forschenden zeigen, dass beide Geschlechter von Diskriminierung betroffen sind. Bei gleicher Qualifikation werden Frauen vor allem in typischen Männerberufen diskriminiert und Männer in typischen Frauenberufen. ○

Detailliertes Profil von Tumoren

Forschende aus den Universitätsspitälern Zürich und Basel sowie der ETH Zürich, der Universität Zürich und der Pharmafirma Roche setzten sich zum Ziel, die Diagnose von Krebsleiden mit einer Vielzahl modernster molekularbiologischer Methoden zu verbessern. Im «Tumor Profiler»-Projekt bestimmen sie bei Krebspatienten das molekulare Profil des Tumors, von dem die Wirksamkeit vieler neuer Krebsmedikamente abhängt. Dieses Profil ermöglicht es, behandelnden Ärzten personalisierte und verbesserte Therapieempfehlungen geben zu können.

Neu an der Tumor-Profiler-Studie ist, dass darin die Tumore mit einer Vielzahl sich ergänzender Methoden untersucht werden. Die Studie geht somit deutlich weiter als die begrenzte Nutzung von

molekularbiologischen Methoden, wie sie in führenden Spitälern eingesetzt werden. Zu den Untersuchungen gehören unter anderem solche an der DNA, RNA und an den Proteinen der Krebszellen. Mit Untersuchungen auf Einzelzell-Ebene erfassen die Forschenden auch die zelluläre Vielfalt in einem Tumor, die nicht nur Tumorzellen, sondern auch Zellen des Immunsystems einschliesst. Teil der Analyse sind ausserdem funktionelle Tests, bei denen im Labor Biopsien des Tumors mit Medikamenten behandelt werden, um zu bestimmen, welche Medikamente wirken. Informationen aus der medizinischen Bildgebung sowie aus weiteren Patientendaten werden ebenfalls berücksichtigt. Die Daten werden mit datenwissenschaftlichen Methoden analysiert und aufbereitet und anschliessend den Ärzten und Ärztinnen zur Verfügung gestellt. ○

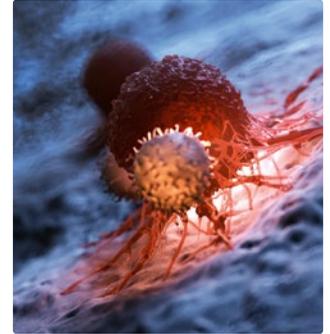


Bild: Shutterstock

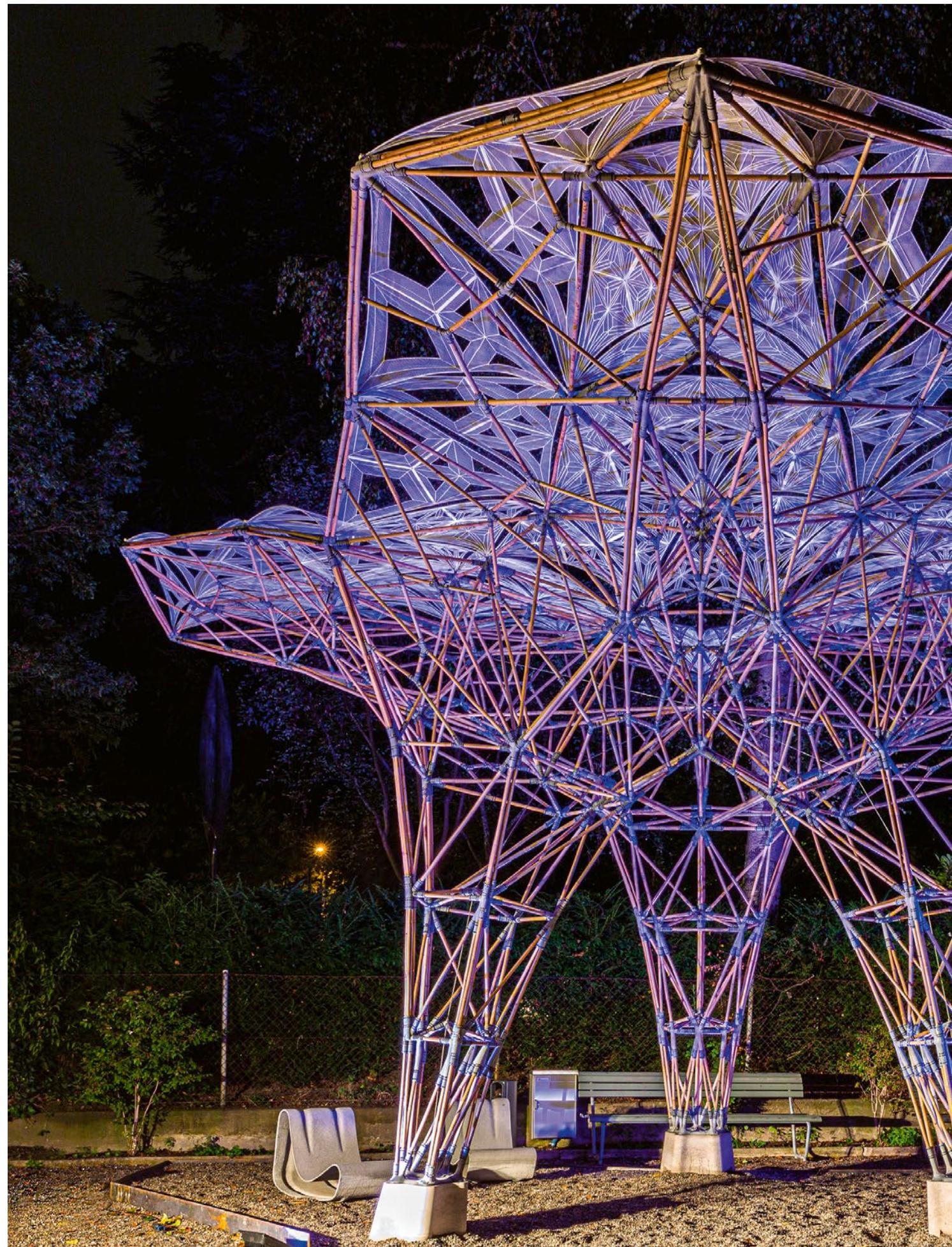


Bild: Djatlow-Gedächtnisstiftung

Die Gruppe auf ihrem Weg zum Cholat Sjacht

Neuer Blick auf altes Rätsel

Forscher der EPFL und der ETH Zürich fanden eine mögliche Erklärung für das sogenannte Unglück am Djatlow-Pass, bei dem 1959 im Uralgebirge neun Skiwanderer unter mysteriösen Umständen ums Leben kamen. Tatsächlich überraschte wohl eine Lawine die im Zelt schlafenden Russen. Der gebürtige Russe Alexander Puzrin von der ETH Zürich und der Franzose Johan Gaume von der EPFL und Gastwissenschaftler am WSL-Lawinenforschungsinstitut SLF durchkämmten Dokumente, die vom mysteriösen Vorfall erzählen, und entwickelten ein analytisches Modell, mit dem sie die todbringende Lawine rekonstruierten. Demnach schätzen sie, dass eine Lawine zwischen 9,5 und 13,5 Stunden nachdem die Alpinisten eine Grube in den Schneehang geschaufelt hatten, um ihr Zelt vor dem Wind zu schützen, mitten in der Nacht ausgelöst worden sein könnte. ○





Bambus trifft 3D-Druck

DIGITAL BAMBOO ○ Zwölf Wochen hatten die Studierenden des MAS Digitale Fabrikation Zeit, um diese filigrane Konstruktion zu entwerfen und herzustellen. Der fünf Meter hohe Pavillon «Digital Bamboo» kombiniert nachhaltiges Baumaterial mit 3D-Druck: Er besteht aus über 900 Bambusstäben und rund 400 3D-gedruckten Knotenpunkten aus Nylon, die die Streben miteinander verbinden. Auch die Beschattungselemente wurden mit Hilfe von 3D-Druck hergestellt, indem ein Textil mit recycelbarem Kunststoff verstärkt wurde. Die ultraleichte Fachwerkstruktur überspannt mehr als 40 Quadratmeter und wiegt dabei nur 200 Kilogramm. Mit dem Projekt «Digital Bamboo» konnten die Studierenden des einjährigen Weiterbildungsprogramms ihre Kenntnisse in digitalem Design, in robotergestützter Fertigung und im Bereich 3D-Druck konkret anwenden und vertiefen. Das Projekt, das in Zusammenarbeit mit der Professur für Digitale Bau-technologien entstand, zeigt, dass digitale Fertigung den Einsatz von Zeit und Ressourcen optimieren und dadurch zu einer nachhaltigeren Baukultur beitragen kann. ○

→ [dbt.arch.ethz.ch/
project/digital-bamboo](http://dbt.arch.ethz.ch/project/digital-bamboo)

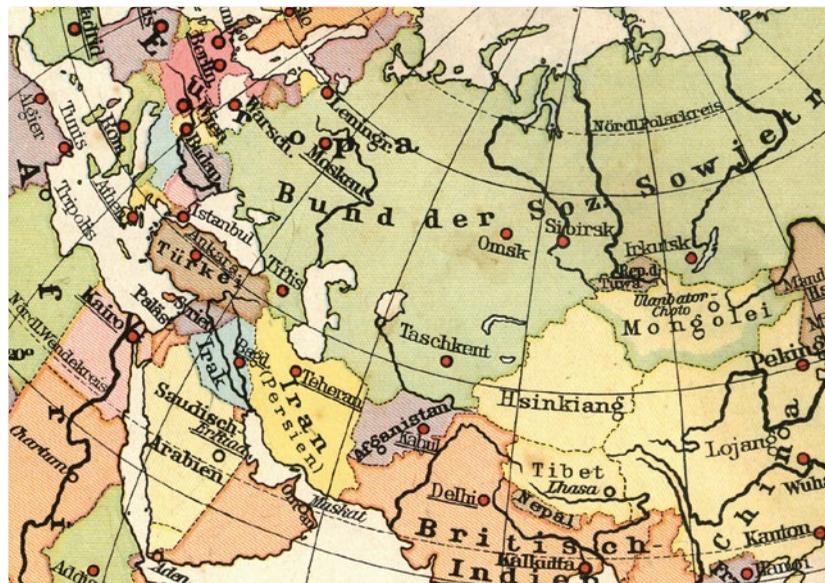
Das Imperium schlägt zurück

Rückwärtsgewandter Nationalismus bedroht die geopolitische Stabilität, schreibt Konfliktforscher Lars-Erik Cederman im Zukunftsblog.

Der Imperialismus gilt als ein längst überholtes Prinzip. Dennoch scheinen populistische Nationalisten in den letzten Jahren eine starke Sehnsucht nach der imperialen Vergangenheit ihrer Staaten zu haben: So fordert Wladimir Putin die Krim zurück, Recep Tayyip Erdogan zeigt unter anderem Interesse an syrischen Grenzregionen, und als Ausdruck einer tiefen Identitätskrise nach dem Verlust des britischen Empires könnte der Brexit-Prozess letztlich den Konflikt in Nordirland neu entfachen.

DAS EMPIRE IST TOT – ES LEBE DAS EMPIRE Das formale Empire mag tot sein, aber bei gekränkten Nationalisten, die ihr Land «wieder grossmachen» wollen, sind die Versuchungen des Revisionismus erheblich. Wie Putins Landnahme auf der Krim anschaulich zeigte, ist friedliche Grenzveränderung als unbedingte Norm nicht mehr selbstverständlich. Führende Staaten nehmen wenig Rücksicht auf das Völkerrecht, wie die Anerkennung der von Israel besetzten Gebiete durch die Trump-Regierung zeigt.

Die erwähnten Spannungen sind zu einem grossen Teil das Ergebnis von ethnischen Nationalismus, einer Ideologie, die besagt, dass politische Grenzen mit ethno-nationalen Grenzen übereinstimmen müssen. Nationalistische Spannungen entstehen häufig dort, wo mehrere ethnische Nationen denselben Staat bewohnen oder wo Mitglieder derselben Nation durch Grenzen getrennt bleiben.



Historische Karte der Sowjetunion – aus Sicht von Neoimperialisten ein «Goldenes Zeitalter»

SEHNSUCHT NACH GOLDENEM ZEITALTER Zusammen mit meinem Team zeige ich in einer aktuellen Analyse, dass die geopolitische Fragmentierung ethnischer Gruppen ein wichtiger Treiber für zivile Konflikte ist. Ausserdem betonen wir, dass Nationalisten nicht nur auf aktuelle Ungerechtigkeiten reagieren, sondern sich oft auf ein vergangenes «Goldenes Zeitalter» berufen.

Im Fall von Putin ist der Referenzpunkt die UdSSR, im Fall von Erdogan das Osmanische Reich. Es geht also nicht nur um einen Mangel an Einheit, sondern auch um den Vergleich zu einem realen

oder mythischen Punkt in der Geschichte. Anhand von geokodierten Daten zu Staatsgrenzen und ethnischen Gruppen seit dem späten 19. Jahrhundert können wir zeigen, dass gewaltsame Rebellionen gegen etablierte Staaten wahrscheinlicher sind, wenn ethnische Gruppen durch Grenzen fragmentiert sind und wenn die Fragmentierung zunimmt.

In dem laufenden ERC-Projekt «Nationalist State Transformation and Conflict» (NASTAC) erweitern mein Team und ich derzeit diese Forschung. Wir gehen noch weiter in die Vergangenheit zurück, um die historischen Wurzeln moderner Staaten und ethnischen Nationalismus' zu untersuchen.

KRIEGE FÜR GRÖSSERE TERRITORIEN Bisher konnten wir die These des grossen Soziologen Charles Tilly bestätigen, dass Kriegsführung die Staatsbildung und territoriale Expansion der Grossmächte im frühneuzeitlichen Europa vorantrieb. Wir weisen zudem nach, dass der Aufstieg des ethnischen Nationalismus den Trend zu grösseren Staaten umkehrte. Tatsächlich schrumpften sie seit dem frühen 20. Jahrhundert stetig, weil multiethnische Imperien zusammengebrochen sind.

Unsere Forschung bestätigt also, dass Nationalismus weiterhin die geopolitische Stabilität bedroht. Ich glaube, die kommenden Jahre werden zeigen, ob die liberalen Demokratien wieder an Schwung gewinnen oder ob wir in eine viel dunklere Ära eintreten, die durch ethno-nationalistische Vorherrschaft und gewaltsame Konflikte gekennzeichnet ist. Vieles wird von den Entwicklungen im Westen abhängen – von den Machtkämpfen innerhalb der USA und der EU, wo derzeit Demokratie, Rechtsstaatlichkeit und multiethnische Toleranz von lautstarken illiberalen Kräften in Frage gestellt werden. Letztlich beruht der Glaube an eine liberale Weltordnung darauf, wie erfolgreich sie ist, der Gesellschaft Wohlstand und Sicherheit zu bieten. Scheitert sie in diesen entscheidenden Punkten, bin ich davon überzeugt, dass wir noch mehr populistischen Nationalismus und neoimperialistische Abenteuer sehen werden. ○

Weitere Blogbeiträge unter:

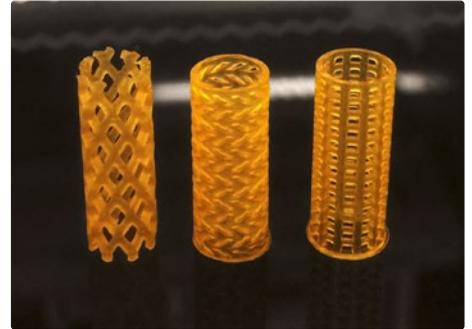
→ ethz.ch/zukunftsblog

LARS-ERIK CEDERMAN ist Professor für Internationale Konfliktforschung an der ETH Zürich. An diesem Blogbeitrag haben auch Seraina Rügger und Guy Schvitz mitgearbeitet.



Bild: zVg

Aufatmen dank neuartigen Implantaten



Prototypen der Atemwegsstents

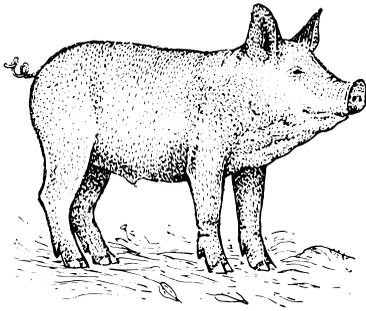
Patienten mit einer krankhaften oder verletzungsbedingten Verengung der Luftröhre brauchen oft schnellstens medizinische Hilfe. Um solche Verengungen zu beheben, setzen Chirurginnen und Chirurgen den Betroffenen röhrenförmige Implantate, sogenannte Stents, aus medizinisch verwendbarem Silikon oder Metall ein. Diese verschaffen den Patienten zwar rasch Besserung. Doch Metallstents müssen oft mit einigem Aufwand operativ wieder entfernt werden, was Patienten erneut belastet. Silikonstents wiederum wandern weg von der Stelle des Einsetzens. Der Grund dafür ist, dass die Implantate nicht an die Anatomie eines Patienten angepasst sind.

Ein ETH-Forschungsteam, zusammengesetzt aus Mitgliedern der Gruppen Komplexe Materialien und Drug Formulation and Delivery, hat nun gemeinsam mit Forschenden des Universitätsspitals und der Universität Zürich einen neuen Atemwegsstent entwickelt. Dieser ist auf einen Patienten zugeschnitten und bioresorbierbar, baut sich also nach dem Einpflanzen nach und nach ab. Hergestellt werden diese Stents mit einem 3D-Druckverfahren («Digital Light Processing», DLP) und eigens zu diesem Zweck angepassten, lichtempfindlichen Harzen. Bislang konnten mit der DLP-Technik und bioabbaubaren Materialien nur steife und spröde Objekte hergestellt werden. Die ETH-Forschenden entwickelten nun ein spezielles Harz, das nach Belichtung elastisch wird. ○

Bild: aus Paunovic N. et al. *SciAdv*, 2020

Bild: iStock / troyek

Spermiendefekt bei Ebern durch Mutation



Um Sauen künstlich zu besamen, müssen Veterinärinnen und Veterinäre erst das Ejakulat von Ebern gewinnen. Bei Routinescreenings von Ejakulat wurden fünf Zuchteber der Rasse «Schweizer Edelschwein» auffällig: Das von ihnen gewonnene Spermia war unbrauchbar. Die Spermien waren nicht mobil, weil die Spermienchwänze verkürzt und gekrümmt waren. Solche Defekte treten vereinzelt bei Nutztieren, aber auch beim Menschen auf.

Und oft stehen Veränderungen von Genen dahinter. In Zusammenarbeit mit Kolleginnen und Kollegen der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Zürich bestimmten ETH-Forscher um den Nutztiergenomiker Hubert Pausch das gesamte Erbgut der fünf Eber und verglichen dieses mit dem von gesunden Tieren. So konnten die Forschenden schliesslich die Mutation aufspüren, die dem Spermiendefekt zugrunde liegt. Die Mutation betrifft ein Gen, das den Bauplan für ein Protein darstellt, das am Aufbau des Spermienchwanzes beteiligt ist. Aufgrund der Mutation ist die Produktion des fraglichen Proteins fehlerhaft; das resultierende Protein ist zu kurz und somit nicht funktional. Der Spermienchwanz kann nicht korrekt ausgebildet werden.

Dank den neuen Erkenntnissen können die Schweinezüchter nun die Zuchteber gezielt auf diese Mutation hin untersuchen lassen und den Defekt auch dann erkennen, wenn er nicht in den Spermien manifest ist, sondern nur in einem der beiden Chromosomensätze vorliegt. ○

Grössere Synapsen – stärkere Signale

Nervenzellen kommunizieren miteinander mittels Synapsen. Forschende des Teams von Kevan Martin vom Institut für Neuroinformatik der Universität Zürich und der ETH Zürich zeigten nun erstmals, dass die Grösse der Synapsen die Stärke ihrer Informationsübertragung bestimmt. Grössere Synapsen führen zu stärkeren elektrischen Impulsen. Das Team konnte überdies eine weitere zentrale Frage der Neurobiologie klären. Entgegen der bisherigen Lehrmeinung schütten Synapsen der Grosshirnrinde pro Aktivierungsvorgang mehrere Vesikel mit Botenstoffen gleichzeitig aus. Synapsen sind somit komplexer und können ihre Signalstärke dynamischer regulieren als bislang vermutet. Die Rechenleistung und die Speicherkapazität der gesamten Grosshirnrinde ist höchstwahrscheinlich wesentlich grösser, als bisher angenommen wurde. ○



Darstellung von Nervenzellverbindungen mit unterschiedlicher Grösse



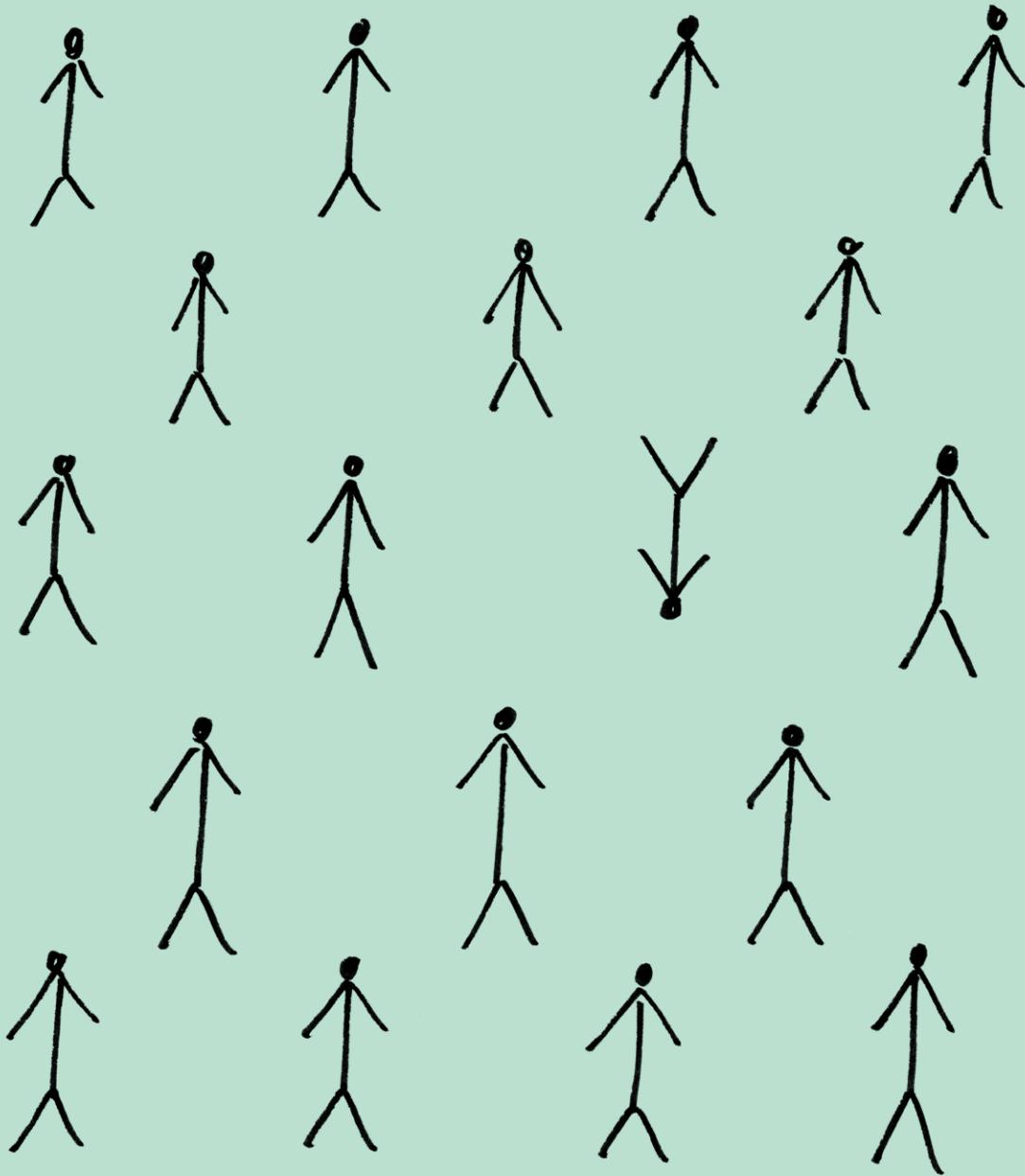
Sind Ingenieure die besseren Manager? Davon sind wir überzeugt.

Absolventinnen und Absolventen der ETH Zürich zählen zu den gefragtesten Führungskräften in der Schweiz. Machen Sie den nächsten Schritt in Ihrer Karriere mit dem Master of Advanced Studies ETH in Management, Technology, and Economics.

Online Informationsanlass

25. März 2021

www.mas-mtec.ethz.ch/info



STÖRUNGEN – UNGELIEBTE LEHRMEISTER

FOKUS | Störungen stören. Bestenfalls sind sie lästig. Aber sie können uns auch bedrohen. Unsere vernetzte, hochtechnisierte Gesellschaft ist besonders anfällig. Doch mitunter sind Störungen besser als ihr Ruf: Sie zwingen uns, umzudenken und nach neuen Lösungen zu suchen.

ILLUSTRATIONEN Beni Bischof



Bild: zVg

LUTZ WINGERT ist Professor für Philosophie am Departement Geistes-, Sozial- und Staatswissenschaften an der ETH Zürich.

PHILOSOPHISCHER ESSAY

von Lutz Wingert

Meistens sind sie lästig, oft ärgerlich, manchmal verstörend. Auch geben sie mitunter zu denken oder wachsen sich aus: Störungen. Der dröhnende Presslufthammer unter dem Bürofenster ist eine lästige Störung der Konzentration. Die Durchsage «Störung im Betriebsablauf» der SBB lässt Ärger aufkeimen. Die diagnostizierten Herzrhythmusstörungen verstören oder geben einem zu denken. Und die Störungen von ökologischen Systemen wachsen sich zunehmend aus und drohen umzukippen in eine Zerstörung unserer ökologischen Nische.

Störungen sind Abweichungen von normalen Zuständen, Prozessen, Praktiken, Haltungen, die der Erfüllung von Funktionen und Massstäben dienen oder die als Erfüllung von Funktionen und Massstäben gelten. Herzflimmern klingt vielleicht für lyrische Naturen romantisch, meint aber buchstäblich so etwas Ernstes wie Herzrhythmusstörungen. Beim Kammerflimmern weicht die Herzkammererregung von der normalen Grundfrequenz ab. Das behindert oder blockiert sogar eine wirksame Füllung und Entleerung der Herzkammern, stört also die Funktion des Herzens, Blut zu pumpen. Ähnlich stört der übermässige Zufluss von Phosphor oder Stickstoff aus der Intensivlandwirt-

schaft in Gewässer und Meere das dynamische Gleichgewicht zwischen dem Aufbau und Abbau von Phytoplankton. Dieses Gleichgewicht ist funktional für die Artenvielfalt und damit für die Widerständigkeit eines ökologischen Systems gegenüber veränderten Umweltbedingungen. (Unter anderem senkt die Algenblüte den Sauerstoffgehalt in tieferen Wasserschichten, was Fischeier absterben, Kleinstlebewesen wie Würmer und Krebse ersticken und andere Tiere fliehen lässt.)¹

Störungen unterscheiden sich von Zerstörungen dadurch, dass sie behoben werden können. Nicht nur bei den SBB. Auch Algenteppiche können – bis zu einem gewissen Grad – abgebaut werden, und mit einem Defibrillator kann die Ärztin das Kammerflimmern beheben. Manche Störungen können auch vorhergesehen und so verhindert werden. Strassensperren und Bannmeilen um Amtssitze halten störende Demonstranten von den Zentren der Macht ab. Ebenso vermag man Störungen zu neutralisieren.

Presslufthämmer können Menschen beim Rechnen stören, Sensoren können den Algorithmus eines Autopiloten beim Berechnen der Flugbahn eines Flugzeugs stören, da sie in ihrer Verlässlichkeit durch Extremtemperaturen oder Vibrationen gemindert werden. Und ähnlich, wie jemand eine robuste Konzentrationsfähigkeit hat, kann ein Algorithmus robust gegen auftretende Störungen sein und diese neutralisieren.² Eine solche Robustheit ist übrigens auch eine wesentliche Eigenschaft von jemandem, der über eine Sache Bescheid weiss. Er oder sie lässt sich nicht von Umständen irritieren, die nichts an der Wahrheit seiner oder ihrer Meinung über die Sache ändern. Wissen ist ein störungsfestes Überzeugtsein von dem, was wahr ist, oder von dem, was getan werden sollte oder gar getan werden muss.

Wenn Störungen von uns registriert werden, dann erfahren wir sie als Abweichungen von Erwartungen. Nicht selten erleben wir die erfahrene Abweichung als Verunsicherung oder Erschütterung einer Erwartung. Sind Störungen deshalb also etwas Schlechtes zu bewerten? Nein, nicht zwin-

gend. Die bildende Kunst jenseits des religiösen Kults und höfischer Inszenierungen von Historien und Autoritäten zielt ja mitunter kunstvoll auf die Störung von Stereotypen, die unsere Wahrnehmung der Welt leiten und die unsere Erwartungen begründen, was sich den Sinnen zeigen wird. Wenn sie subtil genug ist, macht sie diese Stereotype bewusst und lädt zu anderen Wahrnehmungsweisen ein. Störungen können auch die angenommenen Funktionen und die geltenden Massstäbe anfechten, die den Erwartungen zu Grunde liegen.

Das tun zum Beispiel Demonstranten, die zivilen Ungehorsam üben, indem sie sich auf der Strasse querstellen und über ein Demonstrationsverbot gewaltfrei hinwegsetzen. Sie enttäuschen die prognostische Erwartung der Autofahrer, dass sie um diese Uhrzeit zügig durch die Innenstadt kommen werden. Und sie erschüttern die normative Erwartung der politischen Autoritäten, dass die Bürgerinnen stillhalten sollen. Die Demonstranten fechten begrenzt das massstabsbildende Gebot des Rechtsgesetzes an. Sie tun das vermeintlich oder zu Recht im Namen von gewichtigeren Massstäben der Rechtsgemeinschaft wie zum Beispiel einer gerechteren Verteilung des gemeinsam erwirtschafteten Wohlstandes. «Ill fares the land, to hastening ills a prey / Where wealth accumulates, and men decay», heisst es protestierend bei dem irischen Dichter Oliver Goldsmith.

Wie man Störungen bewerten soll, hängt davon ab, ob und wie sehr die enttäuschten Erwartungen berechtigt sind. Das wiederum hängt auch davon ab, was man von den zugrunde liegenden Funktionen und Massstäben halten soll. Herzrhythmusstörungen sind ein Übel, weil man nicht wirklich wollen kann, dass das eigene Herz nicht tut, was es tun soll. Gewiss, man kann ein Übel in Kauf nehmen, aber deshalb hört es nicht auf, ein Übel zu sein. Demgegenüber mögen Störungen des Verkehrs durch Demonstranten eine Petitesse sein. Doch ein Rechtsungehorsam in einem demokratischen Rechtsstaat ist es nicht. So entscheidet sich die Bewertung der Störung hier daran, ob der zivile Ungehorsam einen sehr wichtigen Beitrag zu dem liefert, was gut für die Bürgerschaft ist. Im Vergleich dazu scheint es keinen Zweifel zu geben, wie die Störungen eines Ökosystems bewertet werden sollen. Wer spricht sich heute noch gegen Öko aus? Selbst gegen Artenvielfalt hat kaum jemand noch etwas, solange es bei Rhetorik bleibt. Doch das schliesst einen Dissens in der Bewertung nicht aus, nämlich zum Beispiel, ob die Beeinträchtigung der Artenvielfalt durch die Störung eines Ökosystems schlecht ist, weil die Erfüllung einer Funktion dieser Vielfalt gestört ist, nämlich uns Menschen zu nützen; oder ob sie schlecht ist, weil die Vielfalt der Arten einen Eigenwert hat.

Aus Meinungsverschiedenheiten über die Bewertung von Störungen folgt jedoch nicht, dass es

«Wissen ist ein störungsfreies Überzeugtsein von dem, was wahr ist.»

Lutz Wingert

keine objektive, richtige Bewertung geben kann. Die Existenz von Störungen in Gestalt des Einspruchs und des Unwillens anderer oder in Gestalt eines Widerstands der Natur hält hier eine Lehre bereit. Erwartungen von uns darüber, was der Fall ist oder sein soll, sind das eine. Was objektiv der Fall ist oder sein soll, ist das andere. Die Erschütterung von Erwartungen durch Störungen lehrt uns bisweilen schmerzlich, diesen Unterschied zu beachten. Im Wissen um diesen Unterschied experimentiert man in den empirischen Wissenschaften und diskutiert man in der Demokratie. Man setzt die eigenen Erwartungen dem Test einer Realität aus, die stören kann.

Dogmatiker tun das nicht. Sie neutralisieren Störungen tendenziell um den Preis der Realitätsverweigerung. Wer zu Recht Wissen über die Erfahrungswelt beansprucht, verhält sich anders. Er oder sie rechnet damit, dass Störungen nicht bloss vernachlässigbare Irritationen sind, sondern dass sie einen eigenen Irrtum über die Realität anzeigen. Denn in Störungen zeigen sich uns Realitäten, seien es naturhafte oder soziale Realitäten, als etwas Unverfügbares. Wissen ist auch ein irrtumssensibles Überzeugtsein von dem, was wahr oder richtig ist. Wer glaubt, Störungen komplett ausschalten zu können, der glaubt, die Realitäten zu einer Knetmasse in unseren Händen machen zu können. Dieser Glaube ist nicht störend, sondern zerstörerisch. ○

¹ Dank an Dr. des Jérôme Léhot für Hinweise auf Details

² Ich danke meinem Studenten Jonas Derissen für den Hinweis auf dieses Beispiel.

RÜTTELN

AM



Bodenbakterium *Myxococcus xanthus* (oben)
und Kartoffelblüte (rechts)

Evolution kennt keinen Stillstand. Von Störungen lässt sie sich gar antreiben. Wie ETH-Forschende dem Geheimnis von Veränderungen auf die Spur kommen wollen.

TEXT Peter Rüegg



FUNDAMENT DES LEBENS

Bilder: Gregory J. Velicer; Colourbox/Alfred Hofer

Das Leben hat einen langen Weg hinter sich. Vor rund vier Milliarden Jahren bildeten sich Zellvorläufer, sogenannte Protozellen. Daraus entwickelten sich Bakterien und Archaeen, vor zwei Milliarden Jahren entstanden die ersten Eukaryoten, welche die Grundlage für vielzellige, komplexere Organismen waren. Dabei ist nichts geblieben, wie es war. Immer wieder traten Störungen auf: Meteoriten, Vulkanausbrüche, Heiss- und Eiszeiten. Mindestens fünfmal in der Erdgeschichte ereigneten sich Massenaussterben; doch verdrängen liess sich das Leben nicht.

Eine der treibenden Kräfte der Evolution sind Veränderungen: Neue Konkurrenz um Nahrung und Platz, Nahrungsknappheit, Umweltveränderungen, Klimawandel – ständig müssen sich alle Organismen, vom Bakterium bis zum Elefanten, ändern und anpassen – oder sie sterben aus.

KOOPERATION ALS ERFOLGSMODELL Zur Untersuchung evolutionärer Veränderungen erweisen sich Bakterien als ideale Forschungsobjekte, weil sie klein sind und sehr kurze Generationszeiten haben. ETH-Professor Gregory Velicer hat sich als Modellorganismus das Bodenbakterium *Myxococcus xanthus* ausgesucht. Diese Mikrobe lebt in Gruppen, die gemeinschaftlich Jagd auf andere Mikroorganismen machen. In Hungerzeiten bilden tausende von *Myxococcus*-Zellen zusammen einen Fruchtkörper, und daraus gehen Sporen hervor, die im Boden unter widrigsten Bedingungen sehr lange überdauern können.

«Mittlerweile ist klar geworden, dass Mikroben keine isolierten Einzelgänger sind, sondern hochsoziale Lebewesen. Sie kooperieren, betrügen oder kämpfen einerseits innerhalb von sozialen Gruppen aus Zellen der gleichen Art, andererseits auch im Kontext komplexer artenübergreifender Gemeinschaften», sagt der Professor für Evolutionsökologie am Institut für Integrative Biologie. Relevant sei das auch in Bezug auf Krankheitserreger. So verfügen Zellen des gefürchteten Spitalkeims *Pseudomonas aeruginosa* oder des Cholera-Erregers *Vibrio cholerae* über eine spezielle Zell-Zell-Kommunikation, dank der sie widerstandsfähige Biofilme oder Zellgifte bilden.

«Wie sich Kooperation im Lauf der Zeit entwickelt und sich gegen «selbstsüchtiges» Individualverhalten durchsetzt und dabei nicht verloren geht, ist eine der wichtigen Fragen der Evolutionsbiologie», sagt Velicer.

Denn vor einiger Zeit konnte er zusammen mit Kollegen aufzeigen, dass es unter den *Myxococcus*-Zellen solche gibt, die andere Zellen aus der gleichen Gruppe betrügen: Gewisse Mutanten bilden von sich aus weder Fruchtkörper noch Sporen. —>

Doch mischt man diese mit kooperierenden und sporenbildenden Zellen, nutzen Betrüger diese Fähigkeit aus, ohne die dafür nötige Energie in Form von Botenstoffen und Enzymen zusammen mit weiteren Kooperatoren bereitzustellen. Dadurch können Betrüger ihre Anteile in einer Population praktisch kostenlos erhöhen und damit den Fortbestand kooperativer Systeme gefährden. «Wir haben sogar beobachtet, dass Schummler ganze Bestände von Kooperatoren und Betrügern zum Aussterben bringen», erklärt Velicer.

Dennoch ist Kooperation ein Erfolgsmodell der Evolution: In einer Vielzahl biologischer Systeme hat sich Zusammenarbeit als evolutionär widerstandsfähig gegen solchen Betrug erwiesen. Denn kooperative *Myxococcus*-Bakterien können schnell soziale Anpassungen hervorbringen, wie Velicer in einer weiteren Studie entdeckte. So hat er beobachtet, wie sich ein sich ursprünglich sozial verhaltender Stamm zunächst in einen Betrüger und später wieder in einen Kooperator entwickelte; und dies sogar in einer neuen, besser angepassten Form, die gegen die Betrugsversuche ihrer eigenen Vorfahren hochresistent war. In einer weiteren Studie fand ein Mitarbeiter Velicers heraus, dass die Wiederherstellung der Kooperation durch eine einzelne Mutation in einer zuvor unbekanntem kurzen RNA (engl.: small RNA, sRNA) zustande kam. Es stellte sich heraus, dass diese sRNA essenziell an der Regulierung der Fruchtkörperbildung beteiligt war.

PLÖTZLICH DAS ERBGUT VERDOPPELT Veränderungen des Erbguts sind eine der Grundlagen der Evolution. Sie ereignen sich spontan und zufällig; oft sind sie unbedeutend und wirken sich nicht aus. Doch es gibt auch Erbgutveränderungen, die mas-

siv sind und das gesamte Erbgut betreffen: die Verdoppelung des gesamten Chromosomensatzes. Dies passiert von einem Moment auf den anderen, wenn bei der Reifeteilung der Keimzellen, der Meiose, die Chromosomen nicht wie üblich halbiert und gleichmässig auf die entstehenden Keimzellen aufgeteilt werden. Bei den Chromosomen handelt es sich um DNA-Fäden, die um ein Stützgerüst aus Proteinen gewickelt sind. Jede Körperzelle des Menschen hat 46 Chromosomen: zwei Geschlechtschromosomen und 22 Paare.

Schlägt die Meiose fehl, erhält eine der entstehenden Keimzellen alle Chromosomen und damit das gesamte Erbgut. Sie bleibt diploid, die andere geht leer aus und stirbt ab. Verschmelzen nun zwei diploide Keimzellen, erwächst daraus ein Organismus, dessen Zellen einen vierfachen Chromosomensatz besitzen. Er ist plötzlich polyploid – was die Zellbiologie und die Physiologie des Organismus vor substantielle Herausforderungen stellt.

Die ETH-Professorin Kirsten Bomblies geht diesem Phänomen auf den Grund: «Solche Polyploidien entstehen zufällig oder infolge von Umweltänderungen wie Dürre, Kälte oder Salzstress.» Häufig sind sie bei Pflanzen zu finden, seltener bei Fischen oder Amphibien. Bei Säugern gibt es nur einen höchst umstrittenen Fall einer polyploiden Art. Die meisten Polyploidien sind nicht lebensfähig. Einigen Individuen bietet dies jedoch einen Vorteil. «Pflanzen mit mehrfachen Chromosomensätzen sind viel trockenheits- und salzresistenter als ihre Vorfahren», erklärt die Professorin für Pflanzenevolutionsgenetik am Departement Biologie der ETH Zürich. Polyploide Pflanzen haben auch grössere Früchte und Samen, was dieses «Modell» für die Züchtung ertragreicherer und resistenter Nutzpflanzen interessant macht. Schon heute sind wichtige Nahrungspflanzen durch Züchtung polyploid gemacht worden: Weizen, Kartoffeln, Mais, aber auch Kaffee verfügen über mehrfache Chromosomensätze.

In einem ihrer Projekte untersucht die Forscherin, weshalb polyploide Pflanzen so stresstolerant sind. Ein Grund dafür liegt in der Zellgrösse. Polyploide Zellen sind grösser als diploide. Das beeinflusst ihre Wechselwirkungen mit der Umwelt, beispielsweise beim Austausch von Gasen und Wasser. «Für mich als Evolutionsbiologin ist Polyploidie eine spannende «Störung», betont Bomblies. «Sie ist tiefgreifend, weil sie alles in der Biologie eines Organismus verändert.» ○

KIRSTEN BOMBLIES ist Professorin für Pflanzenevolutionsgenetik und forscht zur adaptiven Evolution in Pflanzen.

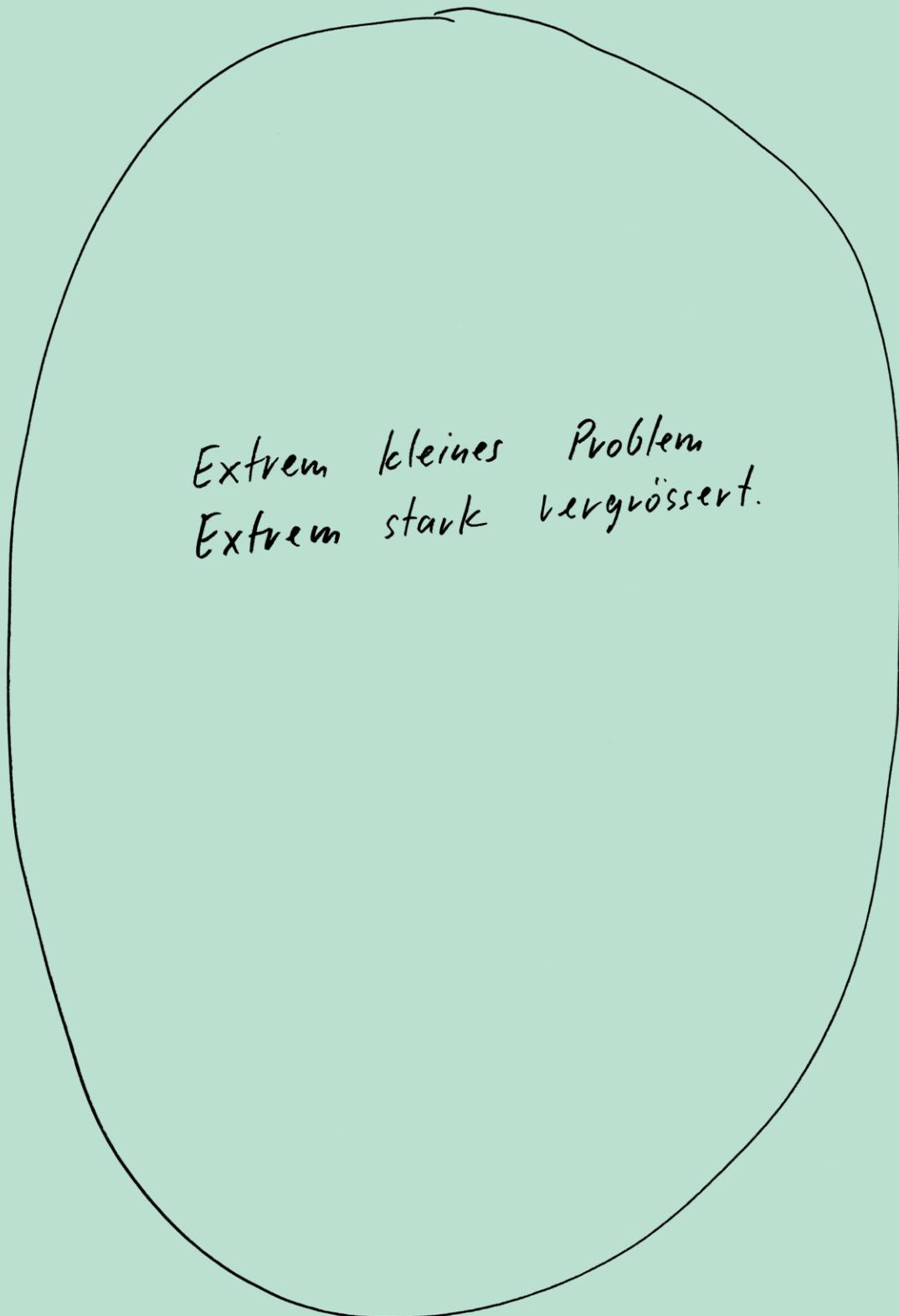
—> impb.ethz.ch/research/research-evo



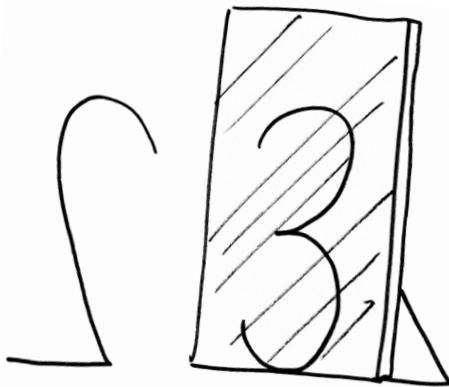
GREGORY VELICER ist Professor für Evolutionsbiologie und beschäftigt sich mit dem Sozialverhalten von Mikroben.

—> evo.ethz.ch





Extrem kleines Problem
Extrem stark vergrößert.



RESILIENZ ALS POSITIVE KRAFT

Störungen stellen unser Leben auf den Kopf. Doch wenn der Mensch die richtigen Wege findet, konstruktiv mit ihnen umzugehen, können sich Störungen und Resilienz positiv auswirken.

TEXT Angelika Bühler

Ob im System Mensch, Gesellschaft oder Technik: Störungen sind kaum vermeidbar. Wie können Mensch und Maschine sinnvoll reagieren und wie können sie aus solchen Situationen lernen?

Störungen lösen häufig das Gefühl von Unsicherheit aus – wir wissen nicht, wie wir damit umgehen sollen. «Wir fühlen uns in unserem Macht- und Kontrollgefühl eingeschränkt», erklärt Petra Schmid, Assistenzprofessorin für Organisationsverhalten. Diese Unterbrechungen setzen eine ganze Kette von Reaktionen in Gang. «Wird der normale Tagesablauf beeinträchtigt, so müssen wir mehr Selbstkontrolle aufwenden, um diese Störung auszugleichen», sagt die Psychologin. Wir haben mehr Mühe, uns zu konzentrieren, und verlieren schneller den Fokus.

Wie sich eine Störung auf die Resilienz auswirkt, ist von der betroffenen Person abhängig. «Je nachdem, wie anfällig die jeweilige Person ist, kann sie dank der richtigen Resilienzstrategie gestärkt aus einer negativen Erfahrung hervorgehen», betont Schmid.

OHNE STÖRUNG KEIN FORTSCHRITT?

Auch wenn Störungen in erster Linie unerwünscht sind, können sie in der Folge aber auch einen Sekundärgewinn bieten – sie geben Raum für Möglichkeiten, etwas zu ändern. «Eine Störung kann für Umbruchsstimmung sorgen, die man nutzen kann», ist die Psychologin überzeugt. Zeiten der Veränderung können genutzt werden, um zu reflektieren und sich auf die eigentlichen Werte zu besinnen: Was ist wirklich wichtig? Was will ich wirklich? Sie führt weiter aus: «Es ist oft so, dass man in Zeiten, in denen weniger Störungen auftreten, eher weniger motiviert ist für solche Überlegungen.»

Auch der Blick auf die Geschichte zeigt: Es gab als Folge eines Defizits besonders viel Veränderung und Fortschritt, weil die Menschheit bestrebt war, den gestörten Zustand auszugleichen. Im Umkehrschluss: Gibt es ohne Störungen keinen Fortschritt?

Petra Schmid bejaht die Frage: «Beeinträchtigungen des alltäglichen Trotts fördern Kreativität und Innovation.» Ohne Defizite würde der Mensch nicht viel verändern wollen. So sieht sie auch in der Coronapandemie positive Aspekte: Neue Arbeitsformen seien entstanden und Menschen würden sich mehr Zeit für Hobbys

nehmen, für die sie in normalen Zeiten nicht die Zeit gefunden hätten – ob es nun um ein neues Sportprogramm gehe oder darum, eine neue Sprache zu lernen oder an sich selbst zu arbeiten.

ERPICHT AUF NORMALITÄT Der ETH-Kognitionswissenschaftler Christoph Hölscher befasst sich mit verschiedenen Formen der Resilienz, nicht nur beim Menschen: «Die Resilienz als solche kann auf verschiedene Disziplinen angewendet werden.» Denn jedes System kennt zwei Zustände: den Normalzustand und den gestörten Zustand. Ein System kann dabei ein Mensch, eine technische Infrastruktur oder die Kombination aus beidem darstellen. Wird das System gestört, so ist das System erpicht darauf, wieder in den normalen Zustand überführt zu werden.

Somit kann das Prinzip der Resilienz beim Menschen auch auf technische Systeme angewendet werden, sofern diese Systeme adaptiv auf die Umwelt reagieren können. «Einer der Wege, Resilienz entwickeln zu können, ist die adaptive Kognition», sagt Christoph Hölscher. Das bedeutet die Fähigkeit, adäquat auf seine Umwelt reagieren zu können und aus Herausforderungen zu lernen. «Egal, ob Mensch oder Maschine – sie lernen immer dann, wenn etwas nicht im Standardrahmen stattfindet.»

FORMEL FÜR MEHR RESILIENZ Den Wissenschaftler interessiert in diesem Kontext besonders, wie eine Maschine von ihrem Benutzer lernt und umgekehrt. Wie müssen beispielsweise Beatmungsgeräte im MedTech-Bereich gestaltet sein, damit die Menschen sie auch in Stresssituationen schnell und zielführend bedienen können? Aus seiner Sicht gibt es dazu zwei wichtige Strategien: «Anzuerkennen, dass es kein perfektes System gibt, ist der erste Schritt. Viel wesentlicher ist aber, dass die Benutzenden die nötige Expertise aufbauen müssen, um mit dem Gerät umgehen zu können.» Konkret bedeutet das, mit dem System zu üben – zuerst im normalen Zustand und ohne Stressfaktor – und dann kontinuierlich den Stressfaktor im Training zu erhöhen. So wird das auch bei Cockpit-Trainings gemacht, wo Mensch und Maschine eng miteinander arbeiten müssen.

«Unabhängig von der Expertise und der Ausgestaltung technischer Systeme ist jedoch der persönliche Faktor entschei-

dend. Wie gehen die Betroffenen mit Stress um?», fügt Hölscher hinzu. Dabei sei der Grad, in dem man die Störung nach innen oder aussen attribuiert, entscheidend. Gibt man sich selbst oder der Situation die Schuld? Hölscher: «Ein bestimmtes Mass an Eigenverantwortung ist zentral, doch zu viel eigene Schuldzuweisung kann die betroffene Person blockieren.»

«Eine Störung kann für Umbruchs-timmung sorgen, die man nutzen kann.»

Petra Schmid

TREIBER FÜR VERÄNDERUNG Tatsache ist: Störungen sind nötig, um Transformationsprozesse in Gang zu bringen. «Sie bieten das Potenzial für nachhaltige Veränderungen», sagt Hölscher. Ähnlich wie Schmid sieht auch er die Pandemie als Störfall, der gleichzeitig als Beschleuniger für gewisse Trends und Innovationen wie Homeoffice und Videokonferenzen wirkt. Störungen können positive individuelle, aber auch gesellschaftliche Konsequenzen nach sich ziehen – jedoch stets zu einem gewissen Preis, betont der Kognitionswissenschaftler. Entscheidend seien dabei geeignete Copingmechanismen und die nötige Anpassungsfähigkeit der involvierten Systeme. Mittels Reflexion und der nötigen Expertise können Störungen und Resilienz eine positive Kraft entfalten. ○

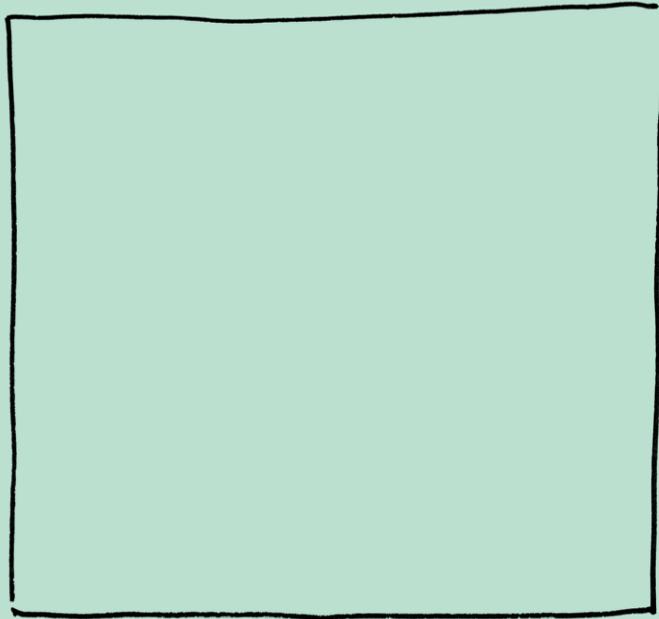
PETRA SCHMID ist Assistenzprofessorin am Departement Management, Technologie und Ökonomie. Sie erforscht Affekte, Motivation und Selbstkontrolle im Zusammenhang mit sozialer Macht.
—> ob.ethz.ch



CHRISTOPH HÖLSCHER ist Professor für Kognitionswissenschaft am Departement Geistes-, Sozial- und Staatswissenschaften und erforscht menschliche Interaktion mit technischen Systemen.
—> cog.ethz.ch



schlecht gemauertes Dreieck



SYSTEMEN DEN PULS FÜHLEN

Schon kleine Störungen in Infrastruktursystemen können fatale Folgen haben. Um das zu verhindern, setzen Forschende und Praktiker auf verschiedensten Ebenen an.

TEXT Martina Märki und Michael Walther

$$\sqrt{4} = 3$$

URBANE SYSTEME RESILIENTER MACHEN Von Haus aus ist Božidar Stojadinović Spezialist für erdbebensicheres Bauen. Heute befasst er sich mit urbanen Systemen und wie man sie resilienter gegen Störungen machen kann. «Systemisches Engineering wurde für die Resilienzforschung immer wichtiger», erklärt der Professor für Strukturdynamik und Erdbebeningenieurwesen. So ist es kein Wunder, dass er nun im Future Resilient Systems Programme in Singapur ein Forschungscluster leitet, bei dem es um alles andere, nur nicht um Erdbeben geht. Ziel ist vielmehr, die Resilienz von dicht verflochtenen urbanen Systemen, wie Singapur eines darstellt, zu verstehen und im Hinblick auf zukünftige Entwicklungen zu verbessern. Klimawandel und Raumknappheit sind die zentralen Probleme, mit denen Singapur sich für die Zukunft konfrontiert sieht. Deshalb sind langfristig vorausschauendes Planen und eine rechtzeitige Anpassung der städtischen Infrastruktur gefragt.

Mit Forschenden der Nanyang Technological University NTU in Singapur und der National University of Singapore NUS entwickelt Stojadinović ein umfassendes Computermodell, ein digitales Abbild der Stadt, mit dem sich die urbanen Systeme, Veränderungen und ihre Folgen simulieren lassen. Es umfasst alle Gebäude, die damit verbundenen Infrastruktursysteme wie Energie- und Wasserversorgung, aber auch Nutzerinteraktionen. Grundlage des Modells ist eine Computersoftware, die ursprünglich für militärische Kriegsspiele entwickelt wurde und im Gaming breite Verwendung findet. Die Software erlaubt es, verschiedene Simulationen von unterschiedlichen Systemen selbstständig ablaufen zu lassen und Informa- →

tionen zwischen ihnen auszutauschen. «Das ist entscheidend», sagt Stojadinović. Denn urbane Systeme sind sehr komplex und die einzelnen Teilsysteme beeinflussen sich gegenseitig. «Einzelne Systeme zu modellieren und zu optimieren, funktioniert heute schon recht gut. Doch wie sich Systeme gegenseitig beeinflussen, verstehen wir oft noch zu wenig.» Das Modell, das Stojadinović und seine Mitforschenden entwickeln, soll das ändern und den Expertenblick über die Grenzen einzelner Infrastruktursysteme hinaus aufs ganze urbane System lenken.

—> frs.ethz.ch

RISIKEN IN KRITISCHEN NETZWERKEN «Das hat niemand vorhersehen können», heisst es oft, wenn Systeme versagen. Giovanni Sansavini, ETH-Professor für Zuverlässigkeits- und Risikoanalyse, arbeitet jeden Tag daran, diesen Satz zu widerlegen. Der Ingenieur erforscht Risiken in komplexen Netzwerken, zum Beispiel in voneinander abhängigen Energienetzen oder grossen Lieferketten.

Risiken in komplexen Systemen sind wissenschaftlich schwer fassbar. Denn die Systeme wachsen oder schrumpfen mit der Zeit, ändern ihre Struktur, umspannen oft den ganzen Globus und haben oft auch keinen fixen Betriebsmodus. Ein Stromnetz etwa ist diversen Einflüssen ausgesetzt. Und unter Last reagieren Systeme anders als im Normalbetrieb. Für ihre Experimente nutzen Sansavini und seine Gruppe deshalb Computermodele. Risiken identifizieren sie anhand eines wissenschaftlichen Ansatzes, der sich Unsicherheitsquantifizierung nennt. Dabei berücksichtigen die Forschenden alle erdenklichen Arten von Einwirkungen, Fehlern und Störungen – und beobachten, wie sich das modellierte Netzwerk verhält. Sogenannte Monte-Carlo-Simulationen erlauben es, das Zusammenwirken unzähliger Störungen zu analysieren. Darin liegt ein Schlüssel, um verborgene, sogenannt systemische Risiken zu finden. Denn oft wird in komplexen Systemen die Verkettung von Störungen zum Problem. So geschehen beim grossen Stromausfall in Italien im Jahr 2003, dessen Ursache automatische Systeme waren, die unter der Last kaskadenartig abschalteten.

Anhand von Sansavinis Modellen lassen sich Risiken nicht nur identifizieren, sondern auch quantifizieren. Es lässt sich ermitteln, welche Kombinationen von Störungen die schlimmsten Folgen für ein System haben und wie wahrscheinlich diese



«Wie sich Systeme gegenseitig beeinflussen, verstehen wir oft noch zu wenig.»

Božidar Stojadinović

sind. Wenn man diese Szenarien kennt, kann man Systeme entsprechend schützen. Bei Energienetzen zum Beispiel, indem man sie flexibler und unabhängiger von einzelnen Quellen macht, indem man Frühwarnsysteme aufbaut, ihre Schwachstellen technisch verbessert oder indem man ihnen die Fähigkeit verleiht, nach Störungen schnell wieder zum Normalzustand zurückzukehren. «Allerdings können wir Systeme noch so robust bauen, Menschen machen Fehler und Unvorhergesehenes geschieht», sagt Sansavini. Das Gute daran: Auch diese Fehler lassen sich virtuell nachbilden, um das System für die nächste Störung besser zu verstehen und zu schützen.

—> rre.ethz.ch

ALGORITHMEN IM EINSATZ Olga Fink und ihr Team befassen sich mit Störungen bei komplexen Anlagen – von Flugzeugen über Gasturbinen bis hin zu Infrastruktursystemen wie Eisenbahnen. Die Professorin für intelligente Instandhaltungssysteme

me arbeitet dazu mit lernenden Algorithmen. Dabei können die Überwachungssysteme auf verschiedenen Stufen ansetzen: Es kann darum gehen, Fehlzustände einer Anlage zu detektieren, aber auch darum, verschiedene Ausfallarten zu diagnostizieren. Anspruchsvoller ist es, Vorhersagen zu treffen, wann der nächste Ausfall stattfinden könnte. Und schliesslich geht es um die sogenannte präskriptive Instandhaltung. «Wir versuchen dabei, Prognosen zu machen und den Betrieb einer Anlage so zu regeln, dass man ihre Lebensdauer verlängern kann», erklärt Fink. Dazu lernen intelligente Algorithmen von historischen und von in Echtzeit verfügbaren Zustandsüberwachungs- und Betriebsdaten.

Doch lernende Algorithmen brauchen sehr viele Daten. Das ist ein Problem. «Störungsfälle sind in sicherheitsrelevanten Anlagen die Ausnahme – deshalb gibt es dazu eben nicht so viele Daten,

wie eigentlich nötig wären», sagt Fink. So greifen die Forschenden zu mehreren Tricks: «Wir arbeiten beispielsweise mit Daten, die den Normalzustand der Anlagen abbilden, und bringen dem Algorithmus bei, auf Abweichungen zu achten.» Manchmal hilft es auch, Daten von ähnlichen Anlagen hinzuzuziehen und sie auf die jeweilige Anlage zu adaptieren. Oft ist es trotzdem nicht möglich, genügend Datenmengen zu erhalten. Deshalb kombinieren die Forschenden ihre Algorithmen mit physikalischen Modellen, die das zu überwachende System simulieren, oder reichern die KI-Modelle mit physikalischem Expertenwissen an. Damit brauchen die Algorithmen weniger Daten, werden aber auch besser interpretierbar für Fachexperten, die auf Basis der Algorithmen Entscheidungen treffen müssen. So konnten die Forschenden in einem Projekt mit der NASA die Lebensdauer von Flugzeugtriebwerken prognostizieren. Dies ist eines der Projekte, auf das Olga Fink besonders stolz ist. Frühdetektionen von Störungen gelingen nämlich allgemein schon recht gut. Lebensdauerprognosen aber, sagt sie, seien quasi der heilige Gral des Forschungsgebiets.

→ ims.ibi.ethz.ch

STÖRUNGEN GEHÖREN ZUM JOB Für Walter Iten, Leiter der Abteilung Betrieb der ETH Zürich, gehört das Management von Störungen zum Alltag. Seine Abteilung ist verantwortlich für das technische und infrastrukturelle Management aller ETH-Gebäude und -Anlagen. Die grössten Probleme stellen für Iten Stromunterbrüche dar: «Ohne Strom läuft gar nichts.» Deshalb setzt die ETH auf Redundanz. So kann der Betrieb in einem Teil des ETH-Standorts Zentrum von zwei verschiedenen Unterwerken Strom beziehen. Kommt es doch einmal zu einem grösseren Ausfall, kommen Diesel-Notstromaggregate für die wichtigsten Bereiche zum Einsatz. Und für besonders heikle Forschungsanlagen wird mit Hilfe von Batterien eine unterbrochene Stromversorgung gewährleistet. Eine vorausschauende Wartung aller Anlagen und Gebäude ist zudem das A und O, wenn es darum geht, Störungen aller Art gar nicht erst aufkommen zu lassen. Ein IT-Wartungstool hat die Betriebsstunden von Anlagen und Wartungstermine im Blick und löst fristgerechte Wartungsaufträge aus. Daneben spielt die Überwachung von Anlagen mittels Sensoren eine immer grössere Rolle, um spontan auftretende Störungen zu erkennen. Die Daten können von den Betriebsmitarbeitenden remote via Computer abgerufen werden, und sie können so auch bis zu einem gewissen Grad in den Betrieb eingreifen. Noch sind das System zur Anlagenüberwachung und das Wartungstool nicht miteinander verbunden. Angesichts der Fortschritte in Sensortechnik und KI ist das jedoch nur noch eine Frage der Zeit. ○



Bilder: Colourbox

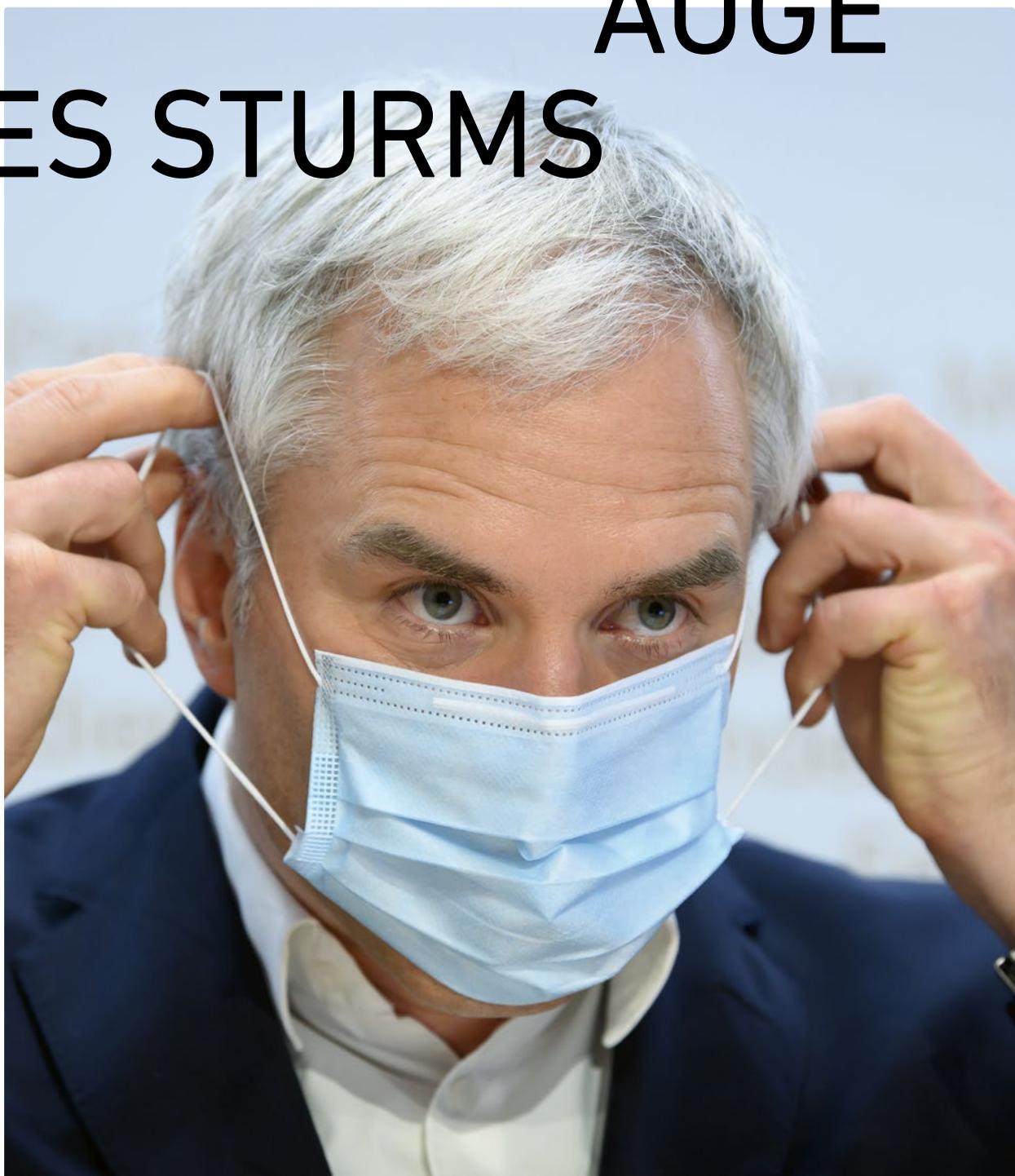
1
Nicht nur in Singapur:
Planerische Entscheide
beeinflussen die
Resilienz urbaner Systeme
langfristig.

2
ETH-Forschende können
die Lebensdauer von
Flugzeugtriebwerken mit
lernenden Algorithmen
prognostizieren.

Martin Ackermann bewegt sich als Leiter der COVID-19 Science Task Force des Bundes in einem unentwegten Spannungsfeld von Wissenschaft, Politik, Medien und Gesellschaft. Ein Gespräch.

INTERVIEW Corinne Johannssen und Felix Würsten

IM AUGE DES STURMS



Herr Ackermann, Sie sind Leiter der Swiss National COVID-19 Science Task Force und beraten in dieser Funktion den Bundesrat während der Coronapandemie. Wären Sie manchmal gerne selber Bundesrat?

Das habe ich mir so noch gar nie überlegt. In der aktuellen Situation fände ich es tatsächlich manchmal befriedigender, nicht nur vorzuschlagen, sondern auch mitzuentcheiden. Insofern wäre das eigentlich eine spannende Idee. Aber ich habe auch gemerkt, wie gross der Druck und die Verantwortung von Politikerinnen und Politikern sind – ich bleibe vielleicht doch lieber Professor (lacht).

Ihr Handlungsspielraum beschränkt sich also auf Empfehlungen?

Wir stellen wissenschaftliche Grundlagen zur Verfügung, die Politik trifft Entscheidungen. Als Leiter der Task Force trete ich auch an den Points de Presse des Bundes auf. Im Hintergrund dreht sich aber vieles um die Beziehungspflege und den Dialog. Es hat seine Zeit gebraucht, bis wir das Vertrauen der Politik gewonnen haben. Wir können unseren Job ja nur gut machen, wenn jene, die Entscheidungen fällen, uns vertrauen. Dabei haben wir verschiedene Aufgaben: Wir sind die Stimme der Wissenschaft, wir beraten die Regierung und wir informieren die Öffentlichkeit. Zwischen diesen drei Aufgaben gibt es auch Spannungsfelder. Als unabhängige Stimme sollten wir die Regierung kritisch hinterfragen, doch die Beraterrolle funktioniert nur, wenn die Politik Vertrauen in uns hat.

Was haben Sie in den letzten Monaten über Politik gelernt?

Ich habe grossen Respekt davor, was Politikerinnen und Politiker leisten. Ihre Arbeit ist stark von den Rahmenbedingungen geprägt. In dieser Art kenne ich das als Wissenschaftler nicht. In der Forschung legen wir den Standard selber fest, den wir erreichen wollen, und arbeiten dann so lange, bis wir ihn erreicht haben. In der Politik sind die Sachzwänge so gross, dass sie alles beeinflussen. Ich habe aber auch Politikerinnen und Politiker kennengelernt, die nicht nur die Politik, sondern auch die Wissenschaft der Pandemie gut verstehen.

Und was über Medien?

Ich bin beeindruckt, wie gut gewisse Journalisten und Journalistinnen den Überblick behalten. Ich lerne aus Gesprächen mit ihnen mindestens genauso viel wie sie. Aber ich habe auch erfahren, dass die Medien einen starken Antrieb haben, Differenzen zu betonen. Da ihr «Public Health Impact» gross ist, können sie so auch Schaden anrichten und ich bin mir nicht sicher, ob sich alle dieser Verantwortung immer bewusst sind. Aber natürlich sind Medien dazu da, die offiziellen Botschaften und Entscheide auch kritisch zu hinterfragen.

Man hat den Eindruck, die Schweiz tue sich schwer mit dieser Krise. Täuscht dieser Eindruck?

Ich teile diesen Eindruck. Vor allem im Herbst steckten sich sehr viele Menschen an, es starben sehr viele Menschen.

Überrascht Sie das?

Ja, es überrascht mich. Natürlich übertrifft diese Krise schlicht alles, was ich mir vorstellen konnte – dennoch dachte ich, wir kriegen das besser hin. Dass wir evidenzbasiert handeln, viele Werkzeuge einsetzen, unsere technologischen Möglichkeiten nutzen. Ich hatte hohe Erwartungen und bin enttäuscht worden.

Liegt das vielleicht an unserem Selbstbild, wir seien besser als die anderen?

Die grösste Schwierigkeit ist meiner Ansicht nach, dass sich in der Schweiz sehr schnell die Auffassung verbreitete, man müsse sich zwischen Gesundheit und Wirtschaft entscheiden. Das hat die Diskussion sehr stark geprägt. Deshalb fiel es uns schwer, früh beherzt einzugreifen. Der Konsens der Task Force ist diesbezüglich klar: Es ist auch ökonomisch besser, harte Massnahmen zu treffen, welche die Fallzahlen schnell herunterbringen, als weiche Massnahmen zu ergreifen und lange Perioden mit hohen Fallzahlen in Kauf zu nehmen.

Dennoch: Wie will man der Bevölkerung harte Massnahmen verkaufen, wenn selbst auf dem Höhepunkt der zweiten Welle noch ein Viertel der Intensivbetten frei war?

Die Krux ist, dass wir schlecht mit exponentiellen Prozessen umgehen können. Als die Fallzahlen im Oktober schnell anstiegen, wurde vorgeschlagen, 200 zusätzliche zertifizierte →

MARTIN ACKERMANN forscht seit 2004 an der ETH Zürich, seit 2015 ist er ordentlicher Professor und leitet an der ETH und der Eawag die Forschungsgruppe für Ökologie mikrobieller Systeme. Seit August 2020 ist er Leiter der Swiss National COVID-19 Science Task Force.
—> mme.ethz.ch

Intensivbetten bereitzustellen und das Personal vier Stunden pro Woche länger arbeiten zu lassen. Im Wissen, dass diese Vorschläge in der Praxis gar nicht realisierbar sind, hat die Task Force die Wirkung dieser Massnahmen berechnet. Wir hätten gerade mal 36 Stunden gewonnen! Wenn man eine exponentielle Entwicklung hat, nützen lineare Massnahmen nichts. Aber das will man zu Beginn einer solchen Entwicklung eben nicht wahrhaben.

Gibt es deshalb so viele skeptische Menschen?

Die meisten Menschen spüren in ihrem Alltag nichts oder nicht viel vom Coronavirus, selbst wenn die Spitäler gefüllt sind. Du siehst es nicht, du spürst es nicht, aber alle sagen dir, da sei etwas ganz Schlimmes und du müsstest dich deshalb stark einschränken. Das ist eine schwierige Konstellation. Insofern erstaunt es mich nicht, dass viele Menschen skeptisch sind. Deshalb ist es wichtig, dass Spitalmitarbeitende und Betroffene aus ihrem Alltag erzählen.

Man hat den Eindruck, wissenschaftliche Argumente würden viele Menschen nicht mehr überzeugen. Haben wir etwas falsch gemacht?

Ich glaube, am Ende hat es viel mit Einfühlungsvermögen zu tun. Wenn man die Leute abholen will, muss man zuerst wissen, wo sie stehen. Zuhören und verstehen, wieso jemand zu seinen Ansichten kommt, ist extrem wichtig. Aber das ist natürlich schwierig, wenn man eine ganze Gruppe vor sich hat, wie beispielsweise an einem Point de Presse. Dazu braucht es Gespräche mit einzelnen Personen.

Welche Kompetenz brauchen Sie momentan am meisten?

Reden mit den Leuten, im Austausch sein. Das Wichtigste ist die Pflege von Beziehungen: zuhören, verstehen, damit wir gemeinsam Lösungen finden können. Und nicht eingeschnappt sein, wenn etwas nicht läuft. Es gibt Aspekte dieser Pandemie, die nah an meinem Fachgebiet sind, und wissenschaftliches Fachwissen ist wichtig für die Arbeit in der Taskforce. Aber das allein reicht nicht aus.

Genau, Sie sind ja Professor an der ETH. Haben Sie überhaupt noch Zeit dafür?

Ich konnte fast alle Aufgaben übergeben, die ETH und die Eawag sind beide extrem unterstützend. Schwierig ist es für meine Forschungsgruppe. Ich halte mir zwar Zeiten für einzelne Gespräche frei, aber es ist eine Durststrecke. Das ist vor allem schwierig, weil es um die Laufbahnen von talentierten, jungen Menschen geht.

«In der Schweiz hat sich schnell die Auffassung verbreitet: entweder Gesundheit oder Wirtschaft.»

Martin Ackermann

Und wie gehen Sie persönlich mit der Belastung um? Können Sie noch abschalten?

Ich wache oft mitten in der Nacht auf und bin dann sofort in Gedanken bei der Pandemie. Aber ich bin achtsam, dass ich meine Reserven nicht zu schnell aufbrauche. Was mir viel Energie raubt, ist Streit. Da bin ich sehr empfindlich, das setzt mir zu. Aber das kommt zum Glück sehr selten vor. Die meisten Begegnungen verlaufen positiv. Am Ende haben wir ja alle das gleiche Ziel und das merkt man auch.

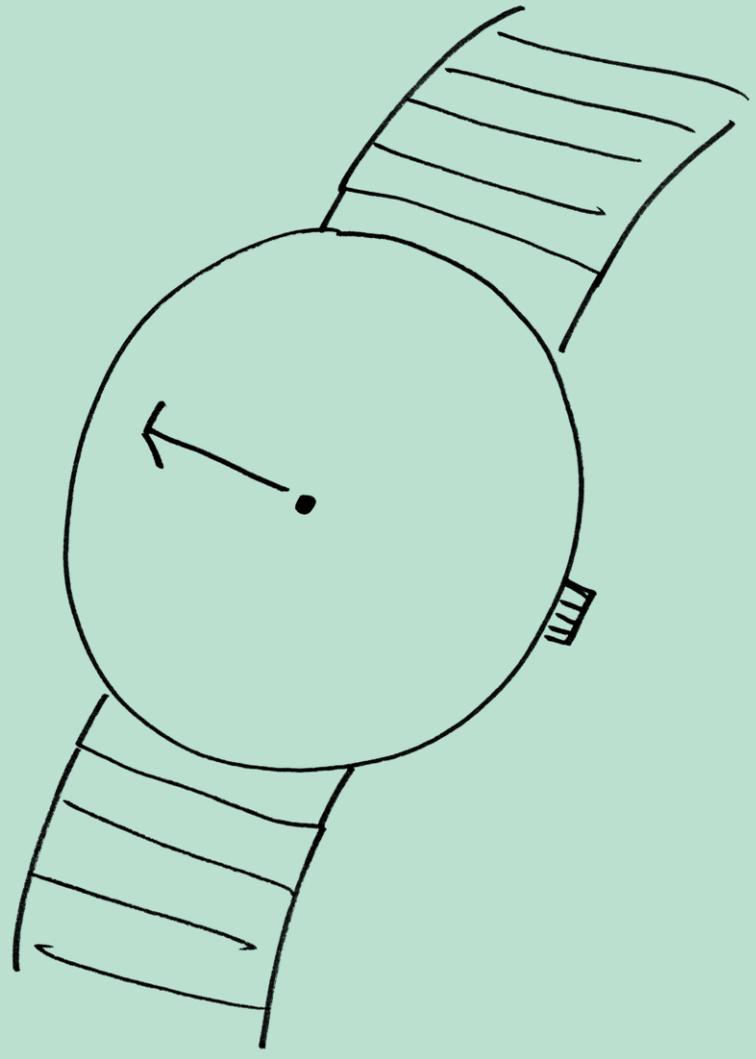
Sehen Sie auch positive Aspekte dieser Störung?

Wir hatten ein bestimmtes Bild von uns, von der Schweiz. Dieses Bild wird gerade sehr herausgefordert. Das tut auch weh. Das Gute daran ist, dass wir jetzt etwas lernen können: Wie schnell können wir neue Technologien aufnehmen? Wo stehen wir in der Digitalisierung? Als Wissenschaftler ist es spannend, aus der eigenen Bubble herauszugehen und bei diesen drängenden Problemen mitzuhelfen.

Und für Sie persönlich?

Es ist eine harte Zeit und manchmal bin ich einfach nur erschöpft. Aber die Aufgabe ist gleichzeitig auch eine Chance. Gibt es etwas Schlimmeres, als sich ohnmächtig zu fühlen, wenn etwas Grosses passiert? Ich bin in der glücklichen Situation, mit anpacken zu können. Das ist ein grosses Privileg. ○

Viertel vor Problem



COMMUNITY



Das «Octavo» in Oerlikon nach erfolgreichem Einzug der ETH Zürich.

Bild: Tom Kawara

Neue Formen der Zusammenarbeit

Die ETH Zürich hat eine starke Wachstumsphase hinter sich: Die Studierendenzahlen sind gestiegen, der Lehrkörper wurde ausgebaut, und neue akademische Felder konnten erschlossen werden. Um mehr Raum für Lehre, Forschung sowie Wissenstransfer auf dem Campus zu schaffen, sind deshalb die Schulleitungsbereiche Infrastruktur sowie Personalentwicklung und Leadership Ende 2020 in das Gebäude «Octavo» in Zürich Oerlikon umgezogen.

Was als Umzugsprojekt begann, ist heute ein Projekt, in dem neue Arbeitswelten und Formen der Zusammenarbeit erkundet werden. Dies auch, da die Aufgaben der beiden Schulleitungsbereiche – die Zurverfügungstellung von Infrastrukturen und Dienstleistungen für Lehre, Forschung und Wissenstransfer – immer öfter den Einsatz von interdisziplinären und flexibel einsetzbaren Teams erfordern. Um solche Arbeitsweisen zu unterstützen, kommen neue Büro- und Möblierungsmodelle zum Einsatz. Eine offene Multi-Space-Bürolandschaft

mit verschiedenen gestalteten Bereichen, die je nach Arbeitsbedürfnis genutzt werden können, zeichnet das Gebäude aus. Solch flexible und effiziente Arbeitsplatzmodelle, insbesondere Multi-Space und Desk-Sharing, werden sich an der ETH zukünftig weiter etablieren. Die im «Octavo» gemachten Erfahrungen sind dafür sehr wertvoll. «Die Erkenntnisse aus dem Projekt «Octavo» nutzen wir bereits für nächste Projekte, auch im Bereich Lehre und Forschung», sagt Ulrich Weidmann, Vizepräsident für Infrastruktur.

Auch Besuchende sollen das Gebäude als Ort des Zusammentreffens erleben. Dazu lädt beispielsweise das Restaurant im Erdgeschoss für ETH-interne und -externe Gäste ein. Weiter ermöglicht eine öffentlich zugängliche Schauwand mit Ausstellungsobjekten von den umfassenden Sammlungs- und Archivbeständen der ETH attraktive Einblicke in die ETH-Welt. ○

Genossenschaften im Wandel

Genossenschaften spielen in der Schweiz wirtschaftlich eine grosse Rolle. Ein interdisziplinäres Forschungsprojekt der ETH Zürich soll zu einem breiteren Verständnis von Genossenschaften in einer sich wandelnden Welt beitragen. Das Projekt unter der Leitung von Michael Ambühl und Stefano Brusoni ist bei den Lehrstühlen für Verhandlungsführung und Konfliktmanagement sowie für Technologie und Innovationsmanagement angesiedelt.

Die Aufstellung dieser Forschungsgruppe wird ermöglicht durch eine Partnerschaft mit der genossenschaftlich verankerten Versicherungsgesellschaft Mobilair. Sie unterstützt die Aktivitäten der Forschungsgruppe über einen Zeitraum von fünf Jahren. ○

Ehre für Olga Sorkine



Bild: Giulia Marthaler

Olga Sorkine-Hornung, Professorin am Institute of Visual Computing, wurde für ihre Beiträge zur digitalen Geometrieverarbeitung, Computeranimation, Computergrafik und Visual Computing zur ACM Fellow ernannt. Die Association for Computing Machinery (ACM) hat den prestigeträchtigen Rang an 95 Mitglieder verliehen. ○



Bild: ETH Foundation / Valeriano Di Domenico

Pius Baschera, Stiftungsratspräsident ETH Foundation, Donator Martin Haefner, ETH-Alumnus und -Ehrenrat, und Joël Mesot, ETH-Präsident (v.l.n.r.)

Donation für neues Physikgebäude

Die ETH Zürich will ihre führende Stellung im Bereich Quantenforschung weiter ausbauen. Die Forschung in diesem Bereich erfordert allerdings eine hochkomplexe Infrastruktur, denn die fragilen Effekte auf atomarer Ebene lassen sich nur mit sehr aufwändigen Experimenten erfassen. Eine wichtige Voraussetzung für diese Experimente ist, dass sie in einer möglichst störungsarmen Umgebung durchgeführt werden können. Die ETH Zürich plant deshalb ein Forschungsgebäude, das optimal an diesen Zweck angepasst ist. Martin Haefner, Verwaltungsratspräsident und Eigentümer der Firma AMAG und Alumnus und Ehrenrat der ETH Zürich, hat nun mit einer Donation von 40 Millionen Franken an die ETH Foundation das Vorhaben den entscheidenden Schritt weitergebracht. Läuft alles nach Plan, kann voraussichtlich ab 2022 mit dem Bau begonnen werden. Der Bezug ist für das Jahr 2028 vorgesehen. ○

Eine Zeitlupe für den Klimawandel

Die Klimaerwärmung schreitet fort. Umso wichtiger sind Kommunikation und Bildung zum Klimawandel. In einem vom Bundesamt für Umwelt unterstützten Projekt erweckt nun das Plant Science Center den Klimagarten 2085 wieder zum Leben. Das «Art-Science»-Experiment zum Selbermachen wird an zehn Gymnasien und Berufsschulen in der Deutschschweiz ab April 2021 bepflanzt. In zwei Gewächshäusern werden unterschiedliche Klimaszenarien simuliert, um die Auswirkung auf Nutzpflanzen zu erleben. Diskussionsrunden für Schüler und Schülerinnen mit Doktorierenden und Workshops zu nachhaltiger Ernährung und Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft in der Schweiz sind bei jedem Schulhaus vorgesehen. Gleichzeitig ist es ein Anliegen des Projekts, einen ästhetischen Zugang zu Pflanzen und unserer Natur zu ermöglichen. ○

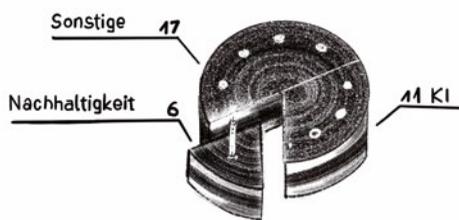
→ klimagarten.ch



Bild: Nina Mann

Der Klimagarten macht Klimawandel sinnlich erfahrbar.

ETH-Spin-offs 2020: KI und Nachhaltigkeit



Die ETH Zürich blickt auf ein sehr erfolgreiches Spin-off-Jahr zurück: 34 Gründer-teams wagten den Schritt in die Selbstständigkeit. Die Zahl der Neugründungen pro Jahr ist damit über die letzten Jahre stetig gestiegen und hat zu einem neuen Rekord geführt. Auch im Jahr 2020 stammen viele Neugründungen aus dem Bereich Informatik und Kommunikationstechnologie. Elf dieser Spin-offs basieren auf künstlicher Intelligenz (KI). Sechs der neuen ETH-Spin-offs entwickeln Produkte

oder Dienstleistungen im Bereich Nachhaltigkeit. Und immer mehr ETH-Studierende gründen bereits direkt nach dem Masterstudium ein Spin-off und beweisen wirtschaftliches Geschick sowie ein gutes Gespür für den Markt.

Generell können ETH-Spin-offs auf dem Markt überzeugen: Im vergangenen Jahr haben ETH-Firmen insgesamt über 400 Millionen Franken an Kapital eingeworben. GetYourGuide, Climeworks und Scandit schlossen Finanzierungsrunden über rund 129, 100 respektive 77 Millionen Schweizer Franken ab, um nur einige Beispiele zu nennen. Das noch junge KI-Spin-off DeepCode wurde von Snyk, einem führenden Unternehmen für Code-Sicherheitsanalyse, übernommen. Das 2005 gegründete ETH-Spin-off HeiQ, das Textilprodukte mit Virenschutz herstellt, wagte zudem den Schritt an die Londoner Börse. Es ist das erste ETH-Spin-off, das an einer Börse ausserhalb der Schweiz kotiert ist. ○

Grüne Nanotechnologie für sauberes Wasser

Kosmetikartikel, Medikamente, Dünger, Reinigungsmittel – viele der darin enthaltenen chemischen Verbindungen können in den heutigen Kläranlagen nicht vollständig aus dem Abwasser beseitigt werden. Als Mikroschadstoffe belasten sie unsere Gewässer und die Umwelt.

Das ETH-Spin-off Oxyle bietet ein Verfahren, das problematische organische Mikroverunreinigungen in Abwasser umweltfreundlich beseitigt. Mit Hilfe eines neuartigen Materialsystems, das aus einer Kombination von Nanomaterialien mit extrem hoher Oberfläche besteht, wird in einem automatisierten Reaktor die Zersetzung von Chemikalienrückständen in verunreinigtem Wasser angeregt. Dieser robuste Nanokatalysator ist dabei nicht direkt in die chemische Reaktion involviert, sondern beschleunigt die Umwandlung der Substanzen in harmlose Verbindungen. Das behandelte Wasser kann gefahrlos in den regulären Abfluss geleitet werden.

Das Verfahren kann zur Reinigung von Abwässern unter anderem in der pharmazeutischen und chemischen Industrie, im Spitalbereich, in der elektronischen Industrie und in Kläranlagen eingesetzt werden. ○

Oxyle: ETH-Spin-off
gegründet: 2020
Produkt: Nachhaltige
Abwasserreinigung
→ oxyle.ch



Der Katalysator liefert eine schnelle Reinigungsrate bei geringem Platzbedarf und kann mit grüner Energie betrieben werden.

Neue Regeln fürs Doktorat

Wer ab dem Herbst 2021 ein Doktoratsstudium an der ETH Zürich beginnt, tut dies unter neuen Regeln. Die neue Doktoratsverordnung bringt die obligatorische Zweitbetreuung und präzisere Regeln für die Zusammenarbeit.

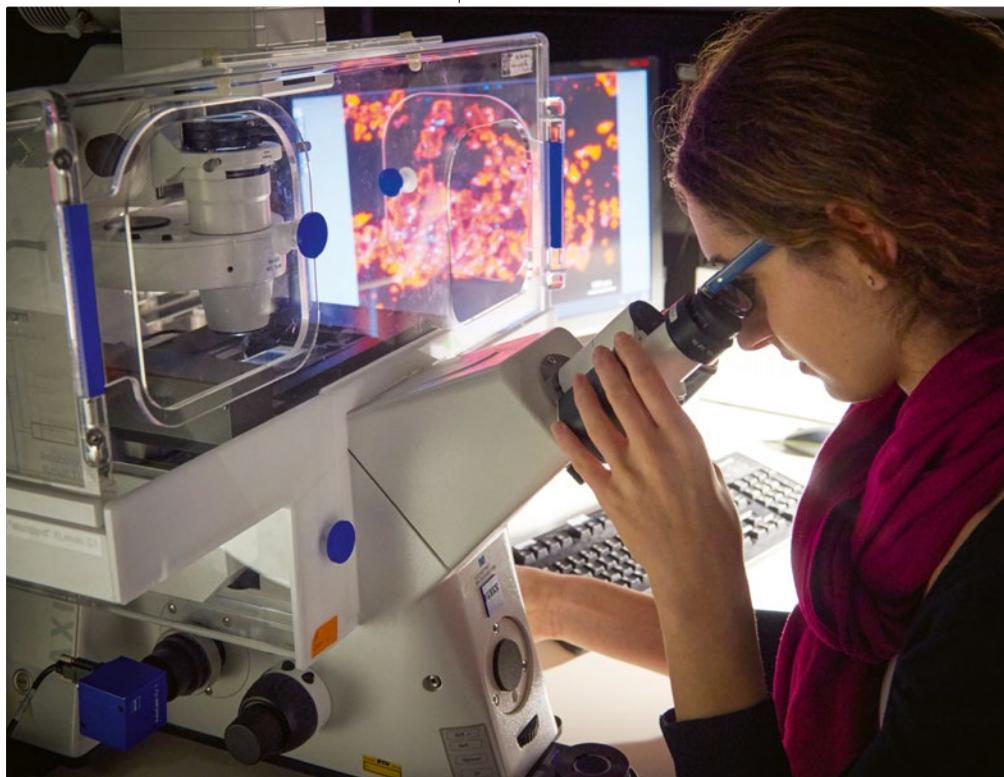
TEXT Michael Walther

Mehr als 800 Doktorinnen und Doktoren erhalten an der ETH Zürich jedes Jahr ihr Diplom. Als Gruppe leisten sie während ihrer Ausbildung einen grossen Teil der Forschungsarbeit. Das Doktorat gab an der ETH in den vergangenen Jahren viel zu reden. Auch mehrere Fälle schlechter Betreuung zeigten, dass Handlungsbedarf bestand. Ein Symposium zur Betreuung von Doktorierenden legte Anfang 2019 dann die Grundlage für die Arbeit an einem neuen Reglement. Jetzt ist die neue Doktoratsverordnung da. Die Schulleitung hat sie am 26. Januar verabschiedet und dem Bund vorgelegt.

Die grössten Änderungen betreffen die Betreuung der Doktorierenden. Diese wird auf mehrere Köpfe verteilt und persönliche Abhängigkeiten werden so verringert. Zudem kommt das Prinzip des Peer-Reviews auch im Doktorat stärker zum Tragen. Antonio Togni, seit Februar emeritierter Professor und bis dahin auch Prorektor für das Doktorat, leitete die Arbeitsgruppe für die Revision der Verordnung. Er sagt: «Die Arbeit an der neuen Verordnung hat an der ETH zu einer intensiven Auseinandersetzung mit dem Thema geführt. Das war gut und notwendig. Es ging uns nicht nur um die publik gewordenen, negativen Fälle, sondern um ein neues Verständnis der Zusammenarbeit im Doktorat.»

ZWEI- UND DREIFACHBETREUUNG Neu erhält jeder Doktorand und jede Doktorandin fix und von Anfang an eine zweite und auf Wunsch sogar eine dritte Betreuungsperson. Laut Verordnungstext ist die Zweitbetreuung «eine fachlich ausgewiesene

Forschen ist zentraler Teil des Doktorats.



Person, die den Doktoranden oder die Doktorandin zusätzlich fachlich begleitet und unterstützt». Die dritte Betreuungsperson nimmt bei Bedarf die Rolle eines Mentors ein und unterstützt oder vermittelt bei Fragen zur Zusammenarbeit in der Gruppe. Zusätzlich muss ein Ko-Examinator bestimmt werden, der das Gutachten erstellt, allerdings erst bei der Anmeldung zur Doktorprüfung. Dadurch sollen Doktorierende unabhängig von ihren Zweitbetreuerinnen oder Zweitbetreuern bleiben.

FÜR GUTE ZUSAMMENARBEIT Neu müssen alle Kandidatinnen und Kandidaten zusammen mit ihren Betreuern einen Doktoratsplan erarbeiten, der neben dem Forschungsvorhaben auch ihre Mitarbeit in der Lehre und der Forschungsgruppe definiert. Danach absolvieren sie ein Eignungskolloquium, in dem sie ihr Forschungsvorhaben vorstellen und verteidigen. Dann entscheidet eine dreiköpfige Eignungskommission über die definitive Zulassung. Einmal zugelassen, berichten Doktorierende jährlich über den Fortschritt ihrer Forschung. Der Leiter oder die Leiterin sind ihrerseits verpflichtet, jährlich ein Standortgespräch zu führen, in dem es nicht nur um die Forschung, sondern auch um die Zusammenarbeit in der Gruppe geht. Genauer geregelt sind neu auch die Eskalationsstufen bei Meinungsverschiedenheiten und ein möglicher Wechsel des Leiters oder der Leiterin der Doktorarbeit.

Togni sagt, die neuen Regeln sollen an der Hochschule eine Zusammenarbeit auf Augenhöhe verankern. Dabei darf die Betreuung nicht zu kurz kommen, denn letztlich sind Doktorierende immer auch Studierende, die einen Lernprozess durchlaufen. «Wir sind überzeugt, dass bei der Mehrheit der Forschungsgruppen viele der neuen Regeln eigentlich schon gelebt werden, weil sie eine gute Kultur pflegen.» Was Doktorierende und Professorinnen und Professoren von einem Doktorat erwarten, habe sich in den vergangenen zehn bis zwanzig Jahren aber stark verändert, zudem sei die ETH erheblich gewachsen. «Die alte Doktoratsverordnung wurde der neuen Realität nicht mehr gerecht.»

IM SOMMER IN KRAFT In zwei grossen Vernehmlassungsrunden holte das Rektorat Rückmeldungen von allen Departementen und Hochschulgruppen ein. Christoph Niedermann vom Stab der Rektorin sagt: «Wir haben grossen Wert gelegt auf ausführliche und transparente Diskussionen zu dem Thema.»

Die Verordnung durchläuft nun die Ämterkonsultation beim Bund. Ist diese abgeschlossen und der Wortlaut final, tritt die Verordnung voraussichtlich am 1. August 2021 in Kraft. ○

Bild: Gian Marco Castelberg

PHILANTHROPIE

VON
Donald Tillman



Jeder Beitrag zählt

Seit Daniel Uhlmann 2004 seinen Master-Abschluss in Industrial Manufacturing and Engineering an der ETH Zürich gemacht hat, verfolgt er erfolgreich eine Karriere in der Automobilbranche. Der zweifache Vater wohnt in St. Gallen. Mit 35 Jahren hat er begonnen, für das Exzellenz-Stipendienprogramm der ETH zu spenden. Anfänglich 50 Franken pro Jahr, inzwischen etwas mehr.

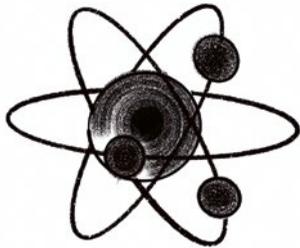
Daniel Uhlmann ist ein Beispiel dafür, dass viele junge Menschen Philanthropen sind. Auch kleine Beiträge haben in der Summe eine grosse Wirkung. Der Kreis der Gönnerinnen und Gönner der ETH wächst konstant und ermöglicht Jahr für Jahr mehr gezielte Unterstützung für aussergewöhnliche Studierende und Projekte. Bereits über 5000 Personen zählt die Community, ein Grossteil davon Alumnae und Alumni, Professorinnen und Professoren sowie Mitarbeitende. Ihnen allen gebührt Dank. Daniel Uhlmann sagt: «Man muss kein Rockefeller sein, um Forschung und Lehre einer Spitzenhochschule zu fördern. Mich macht es stolz, so zur Beantwortung grosser Zukunftsfragen beizutragen, jungen Menschen ein Studium zu ermöglichen und einen Beitrag zur Bildungsgerechtigkeit zu leisten.»

—> ethz-foundation.ch/together

Bild: Eline Keller-Soerensen

Mehr Profil für die Quantenforschung

Die Quantenforschung gehört zu den vielversprechendsten Forschungsgebieten. In unterschiedlichen Bereichen erhofft man sich dadurch wegweisende Durchbrüche, die zu neuen Anwendungen führen sollen, etwa in den Bereichen Computing, Sensorik, Kommunikation und Datensicherheit. Inzwischen gibt es an der ETH Zürich eine beachtliche Zahl von Professuren in diesem Gebiet. Nicht nur im Departement Physik, sondern auch in anderen Departementen spielen die Quantenwissenschaften



ten eine immer wichtigere Rolle. Die ETH Zürich will nun die einzelnen Akteure in diesem Feld besser vernetzen. Sie hat deshalb ein neues «ETH Quantum Center» gegründet, das als Kompetenzzentrum die verschiedenen Fachrichtungen an der ETH Zürich zusammenbringen wird. Insgesamt 28 Professuren aus sechs Departementen sowie dem PSI haben sich dem neuen Zentrum bereits angeschlossen. Das neue «ETH Quantum Center» soll zudem helfen, die Präsenz der ETH-Quantenforschung nach aussen weiter zu stärken. Konkret geht es beispielsweise darum, die ETH Zürich bei der Vergabe von europäischen Fördermitteln im Bereich der Quantentechnologie noch erfolgreicher zu positionieren. Auch für künftige Zusammenarbeitsprojekte mit der Industrie oder bei der Einwerbung von Drittmitteln ist es für die ETH hilfreich, wenn sie sich mit dem neuen Quantum Center in ihrer ganzen Breite an Kompetenzen präsentieren kann. ○

So können Sie die Quantenforschung fördern:
—> ethz-foundation.ch/quantum

Verzicht auf Neugestaltung

Angesichts des personellen und akademischen Wachstums hat die ETH Zürich verschiedene Neubauten und grössere Sanierungen geplant. Zugleich wird absehbar, dass ihre finanziellen Spielräume infolge der Coronapandemie künftig enger werden. Deshalb verzichtet die ETH Zürich nun auf eine umfassende Erweiterung und Sanierung des Mensa- und Mehrzweckgebäudes samt Polyterrasse. Umgesetzt werden hier in einem ersten Schritt nur die zwingend nötigen technischen Sanierungen. Durch diesen Verzicht kann die ETH Zürich ihr Budget für Bauinvestitionen über die nächsten sechs Jahre um insgesamt 135 Millionen Franken entlasten. Damit schafft sich die ETH den Spielraum, um – dem Grundauftrag Lehre, Forschung und Wissenstransfer folgend – Forschungsgebäude wie den Neubau HPQ für die Physik auf dem Campus Höggerberg oder Infrastrukturen für bereits erfolgte Berufungen realisieren zu können. ○



Bild: Alessandro Dellabella

Gern genutzte Polyterrasse in coronafreien Zeiten

PERSÖNLICH



BERND BODENMILLER
befasst sich mit den
Mechanismen der Krebs-
erkrankung. Mittels 3D-
Tumoranalyse und Virtual
Reality spürt er Zellgruppen
auf, die aus Tumoren
ausbrechen.

TEXT Karin Köchle

BERND BODENMILLER ist Professor am ETH-
Departement Biologie und an der Universität Zürich.
—> mhs.biol.ethz.ch
—> bodenmillerlab.com

**Vor rund zehn Jahren haben Sie bei
ETH-Professor Ruedi Aebersold doktriert.
Was kommt Ihnen in den Sinn, wenn Sie an
die Zeit zurückdenken?**

Wie viel Freude mir mein Doktorat bereitet hat, es war eine fantastische Zeit: eine Gruppe toller Menschen und eine riesige Freiheit, Ideen ausprobieren zu dürfen. Und ich habe damals meine Frau kennengelernt, die dort für sechs Monate als Gaststudentin gearbeitet hat.

**Seit letztem Herbst sind Sie wieder an
der ETH Zürich tätig. Welche Möglichkeiten
eröffnet Ihnen das?**

Meine Forschungsgruppe beschreibt Tumore auf der Ebene einzelner Zellen. Wir analysieren tausende Tumorproben und finden oft Beziehungen zwischen Gewebeaufbau und klinischem Verlauf. Die Molecular Health Sciences Platform bietet uns Infrastruktur und Expertise, um die Krankheitsmechanismen mit Modellsystemen zu erforschen. Die Interessen der Forschungsgruppen dort komplementieren ideal diejenigen des Departments für Quantitative Biomedizin, meiner zweiten Heimat an der Universität Zürich.

**Mit der von Ihnen entwickelten bild-
gebenden Massenzymetrie lassen sich
«begehbare» Tumormodelle herstellen.
Was ist der Vorteil daran?**

Mit 3D lassen sich Strukturen erkennen, die man auf Gewebeschnitten nicht sehen kann, zum Beispiel Zellgruppen, die aus einem Tumor ausbrechen. Virtual Reality (VR) ermöglicht es, völlig neue Eindrücke von einem Tumor zu erhalten. Das menschliche Gehirn ist sehr gut darin, visuelle Muster zu erkennen, und diese neuen Perspektiven führen zu neuen Ideen und Erkenntnissen.

**Würden Sie Virtual Reality auch privat
nutzen, zum Beispiel um virtuell andere
Länder zu entdecken?**

Ja, natürlich. Es ist sehr beeindruckend, was Google Earth VR schon an Eindrücken bietet. Es hat mich überrascht, dass VR während der jetzigen Coronakrise nicht mehr Verbreitung gefunden hat.

**Was war die beste Entscheidung in Ihrer
beruflichen Laufbahn?**

Es gab nicht DIE beste Entscheidung. Zentrale Entscheide waren aber sicherlich, mein Doktorat bei Ruedi Aebersold zu machen, für meinen Postdoc nach Stanford zu gehen oder meine Assistenzprofessur an der Uni Zürich anzutreten. ○

IN DER WERKSTATT

TEXT Samuel Schlaefli
BILDER Daniel Winkler

DES RIESEN





1

Der Blick in die Bauhalle vermittelt einen Eindruck von den Dimensionen der Versuchsanlagen.

2

Andrea Frangi, Professor für Holzbau, begleitet den Hochhausbau wissenschaftlich.

REPORTAGE In Zug soll bald ein 80 Meter hohes Hochhaus aus Holz gebaut werden. Ein Pionierprojekt, für das in der Bauhalle auf dem Hönningerberg Grundlagenforschung betrieben wird.

2

Auf den ersten Blick wähnt man sich in einer Schiffswerft irgendwo im Hafengebiet Hamburgs: Eine weite Halle, Neonlicht und an der Decke ein Hängekran auf Schienen, der tonnenschwere Stahlelemente, Betonstützen und Holzbalken durch den Raum hievt. Dazu Schrauben, so lang und dick wie die Unterarme eines Erwachsenen, und Muttern mit dem Radius von Tellern – als wäre das hier die Werkstatt eines Riesen.

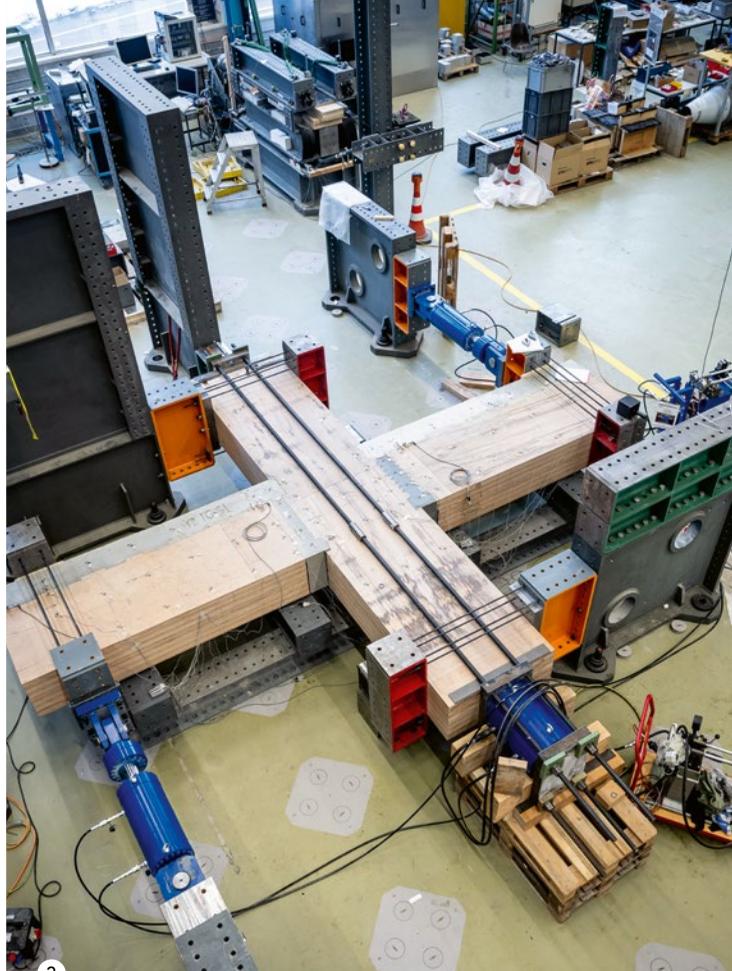
«Etwas zu testen, bedeutet bei uns meist, es so lange zu belasten, bis es zerstört ist», sagt Dominik Werne lachend. Er leitet seit zwölf Jahren das Bauhallen-Team des Instituts für Baustatik und Konstruktion (IBK) auf dem Campus Hönningerberg. Gemeinsam mit vier permanenten Mitarbeitern unterstützt er die sieben Professuren des Instituts bei ihren Experimenten. Werne zeigt auf den pastellgrünen Boden unter uns, das Herzstück der Halle. Beton, ein Meter dick, zehnfach mit Stahl bewehrt, sodass dieser gesamthaft mehrere tausend Tonnen Gewicht tragen kann. Wie bei einem Meccano-System können Versuchsstände aus teils tonnenschweren verschiedenen Elementen frei zusammengebaut werden. «Die Planung und der Bau eines Versuchsstandes dauern oft Monate», sagt Werne. Deutlich länger als die Experimente danach.

Die Prüfstände reihen sich rechts und links entlang eines mit gelbem Klebeband markierten Korridors. Zum Beispiel «LUSET», ein zehn Mal zehn Meter grosser Koloss, dessen Eingeweide aus hundert einzeln ansteuerbaren Hydraulikzylindern bestehen. Damit lassen sich mit Stahl bewehrte Betonplatten zermalmen – schön kontrolliert, um natürliche Bedingungen zu imitieren. Die Forschungsgruppe von Professor Walter Kaufmann führt →

hier auch Versuche für das Bundesamt für Strassen (ASTRA) durch, um zu testen, ob Brücken saniert werden müssen. Schräg gegenüber steht ein weiterer Gigant namens «MAST». Unter massiven Stahlträgern steht eine mit Stahl bewehrte Betonmauer von rund drei Metern Länge und zwei Metern Höhe. Metallplatten, die auf der Oberkante der Mauer liegen, können durch gewaltige Zylinder bewegt werden, um die Kräfte eines Erdbebens in Slow Motion zu simulieren. Professor Božidar Stojadinović analysiert damit das Verhalten von Beton und Stahl unter Erdbebenbedingungen. «Grundsätzlich könnte man auch ein kleines Haus in den Prüfstand bauen und auf Erdbebentauglichkeit prüfen», erklärt Werne.

DIE INGENIEURE UND DAS KREUZ «Stopp! Ich sehe hier einen ersten Riss», ruft jemand am nördlichen Ende der Bauhalle. Er ist Teil einer Gruppe von sechs Männern, zwei vom Zürcher Ingenieurbüro «WaltGalmarini», drei Doktoranden des IBK und ein Techniker der Bauhalle. Sie haben sich um einen Tisch mit mehreren Computerbildschirmen versammelt; daneben steht ein knallblauer Kasten, aus dem zwei Manometer und zwei Hebel herausragen – eine handbetriebene Hydraulikpumpe. Vor dieser temporären Kontrollbrücke liegt ein Holzkreuz aus einer 4,4 Meter langen Holzstütze und zwei Riegeln. Diese bestehen zur Hälfte aus demselben Buchenfurnierschichtholz wie die Stütze, sind jedoch an der Unterseite je mit einer Betonschicht unterzogen. Verbunden sind die beiden Riegel mit der Stütze durch ins Holz eingeklebte Gewindestangen. Für die Befestigung der Riegel wurde eine rund zehn Zentimeter breite Fuge mit hochfestem Vergussmörtel gegossen. Dieser Stützen-Riegel-Knoten soll heute getestet werden. Dafür wurde das Kreuz zwischen zwei bulligen Hydraulikzylindern installiert, die durch tonnenschwere Schubwände aus Stahl am Boden fixiert sind.

Die Ingenieure haben sich um sieben Uhr in der Früh in der Bauhalle versammelt, um das Kreuz auf Biegen und Brechen zu belasten. Dabei wollen sie mehr über dessen Steifigkeit, Tragfähigkeit und Duktilität erfahren. Hoch über dem Kreuz sind an



3



4

3

Eine meterlange,
kreuzförmige Beton-
Holz-Konstruktion
im Belastungstest

4

Die Ingenieure
begutachten die Risse,
die unter Belastung
aufgetreten sind.

einem Stahlträger drei Infrarotkameras befestigt. Sie messen anhand von 78 zuvor markierten Messpunkten auf dem Beton des Kreuzes jede Verschiebung von mehr als 0,1 Millimetern. Mit diesen Werten lassen sich Kurven und Diagramme zeichnen, die zeigen, bei welcher Belastung welche Verformungen wo stattgefunden haben.

Kurz nach halb zehn und bei etwas mehr als 200 Kilonewton Zugbelastung, was einer Belastung mit 20 Tonnen Gewicht entspricht, zeigen sich erste feine Risse im Beton. Der Doktorand, der die manuelle Hydraulikpumpe für den Druckaufbau bedient, lässt den Hebel los. Ein Mitarbeiter von «WaltGalmarini» fährt den Rissen im Beton mit einem blauen Marker fein säuberlich nach und versieht sie mit einer 2, was so viel wie Laststufe 2 bedeutet. So können die Ingenieure auch später noch nachvollziehen, bei welcher Belastung welche Risse aufgetreten sind. Sie schiessen Fotos vom aktuellen Rissbild und machen sich Notizen. Danach wird der Druck aufs Kreuz wieder abgelassen.

PIONIERPROJEKT AUS HOLZ Was heute am Prüfstand der Professur für Holzbau simuliert wird, ist das Verhalten eines 80 Meter hohen Hochhauses aus Holz bei starkem Wind. Die 200 Kilonewton entsprechen ungefähr den Kräften, die bei einem maximal zu erwartenden Sturm in der Schweiz auf die Holzrahmenkonstruktion des Gebäudes wirken würden. Das Kreuz im Versuchsstand ist ein kritisches Element des «Projekt Pi», so der Name des 80 Meter hohen Holzbaus, der ab 2022 in Zug realisiert werden soll. Das Tragwerk wird von «WaltGalmarini» geplant, gebaut wird es vom Generalunternehmer Implenia und wissenschaftlich begleitet von Andrea Frangi, Professor für Holzbau am IBK. Es wird zu den grössten Holzhochhäusern überhaupt gehören. Ein Pionierprojekt, da die Ingenieure vollkommen auf einen Kern aus Stahlbeton verzichten, der heute noch üblich ist. Beim «Projekt Pi» wird dieser durch ein massives Holzrahmen-tragwerk aus 40 Zentimeter breitem Buchenfurnerschichtholz ersetzt.

Eine solche Bauweise ist in der Schweiz aufgrund des Brandschutzes erst seit 2015 erlaubt. Hinzu kommen Innovationen im Holzbau. «Laubhölzer sind zwar schwieriger zu verarbeiten, haben aber wesentlich bessere mechanische Eigenschaften als Nadelhölzer», erklärt Frangi. «Deshalb sind sie für die hohen Lasten im Hochhausbau gut geeignet.» Durch Schälen von Buchenstämmen und anschliessendes Verkleben der zwei bis drei Millimeter dicken Holzurniere entstehen Bauteile mit optimierter Tragfähigkeit bei kleineren Querschnitten. Die Folge sind leichtere Bauwerke im Vergleich zu herkömmlichen Hochhäusern aus Beton. Und eine bessere Umweltbilanz: Pro Kubikmeter verbautem Holz wird rund eine Tonne CO₂ im Material gespeichert. Hinzu kommt der reduzierte Einsatz von Beton, dessen Zementproduktion circa acht Prozent der globalen CO₂-Emissionen verursacht. Auch die Holz-Beton-Hybriddecke, die in «Projekt Pi» auf 27 Stockwerken verbaut wird, ist ein Novum aus Frangis Gruppe. Sie ist 30 Prozent leichter als herkömmliche Beton-Stahl-Decken, bei gleichbleibender Tragfähigkeit, wie Belastungstests in der Bauhalle gezeigt haben. Und auch ihr Schall- und Schwingungsverhalten entspricht den Normen.

ERUPTIV STATT DUKTIL «Baam!» Ein dumper, stählerner Knall durchdringt die Halle. Es ist kurz vor 16 Uhr, die Zugbeanspruchung auf die beiden Riegel betrug zuletzt 510 Kilonewton (51 Tonnen), was rund der doppelten Kraft entspricht, der das Gebäude gesetzlich standhalten muss. An einem der beiden Riegel sind im Beton lange Risse zu sehen, rund zwei Zentimeter breit. An dieser Stelle werden die horizontalen Holz-Beton-Verbunddecken einst mit der vertikalen Holzstütze verbunden. Andreas Galmarini stürmt mit seinem Mitarbeiter zur Rissstelle, schiesst Fotos und markiert sie wiederum mit dem blauen Stift. «Jetzt hat's die Zugarmierung im Knoten geputzt», sagt der Mitinhaber von «WaltGalmarini», der die Bauhalle noch von seiner eigenen Dissertation an der ETH kennt.

Der plötzliche, unangekündigte Bruch weicht von den Modellrechnungen der Ingenieure ab. Eigentlich hatten sie mit einem duktilen Verhalten gerechnet, also einer vor dem Bruch stark zunehmenden Verformung, die das Versagen ankündigt. —>



Unter extremer Belastung weitet sich ein Riss auf mehrere Zentimeter.

Hier zeige sich, wie wichtig experimentelle Forschung im Bauwesen sei, sagt Frangi: «Wir können am Schreibtisch zwar sehr viel berechnen und mit ausgeklügelter Software das statische Tragverhalten von Bauteilen simulieren. Aber solche Modelle müssen insbesondere bei Innovationen über Versuche validiert werden.»

Ein Doktorand aus Frangis Gruppe ergreift erneut den Hebel der Hydraulikpumpe und beginnt zu pumpen. Nun soll auch noch der zweite Riegel «auf Bruch belastet werden», wie es im Ingenieursjargon heisst. Bald zieht er den Pullover aus, das Blut steigt ihm in den Kopf, der Widerstand des Hebels wird immer grösser. Bei 500 Kilonewton ist für den Bruchteil einer Sekunde ein Knacken zu hören. Daraufhin sinkt der Widerstand, die Kurve auf dem Laptop flacht ab. «Wunderschön!», kommentiert Galmarinis Mitarbeiter. «Nun sind wir am Punkt des Fließens angelangt.» Jetzt offenbart sich das duktile Bruchverhalten, das sich Bauingenieure für ihre Werke wünschen. Kein plötzliches Versagen des Tragwerks, sondern ein langsames, plastisches Verformen der Materialien.

Der Doktorand pumpt weiter; das Manometer zeigt bald 300 Bar. Derweil weitet sich ein Riss im Mörtel. Bei 550 Kilonewton knallt es wieder. Diesmal zweimal nacheinander – und noch lauter als beim ersten Riegel. Der Doktorand lässt den Hebel fallen. Der Riss in der Mörtelfuge ist nun mehrere Zentimeter breit und gibt die Sicht auf mit Schutt überzogene Eisenstangen frei. Die enorme Kraft hat zwei der ineinandergreifenden Metallschlaufen gesprengt, die als alternative Verbindung von Riegel und Stütze getestet wurden.

ERKENNTNISSE, WERTVOLL WIE GOLD Mit Smartphones und Spiegelreflexkameras dokumentieren die Ingenieure das zerstörte Kreuz, das wie erschlaft im fahlen Licht der Halle liegt. Nochmals werden die beiden Riegel von allen Seiten inspiziert, Betonabplatzungen interpretiert und über das genaue Verhalten im Inneren des Knotens wird spekuliert. Eine Woche später wird ein zweites Kreuz mit zwei weiteren Konstruktionsvarianten getestet. Danach werden die Ingenieure von «Walt-Galmarini» zusammen mit Andrea Frangi entscheiden, welche Knotensysteme von Implenia beim Bau der 27 Stockwerke im 80 Meter hohen Holzhochhaus verwendet werden.

«Solche Daten zum Verhalten von Beton, Stahl und Holz in Extremsituationen können wir sonst nur in Regionen sammeln, in denen kürzlich ein Erdbeben oder ein Taifun getobt hat», sagt Galmarini. Er war selbst schon für das Schweizer Korps für Humanitäre Hilfe (SKH) in Erdbebengebieten. Doch selbst dort lasse sich die Dynamik der Materialien und der Konstruktion nicht in Slow Motion verfolgen, wie hier in der Bauhalle. «Das ist für uns wertvoll wie Gold!», erklärt der Ingenieur euphorisch und wendet sich wieder der Inspektion der klaffenden Wunde im Beton zu. ○

IM EINSATZ FÜR DEN FRIEDEN

TEXT Claudia Hoffmann
FOTOGRAFIE Daniel Winkler

Therese Adam war 28 Jahre lang im diplomatischen Dienst und setzte sich für Frieden und Entwicklung ein. Heute gibt die ETH-Alumna ihr Wissen als Dozentin weiter.

Für Therese Adam sind Beruf und Freizeit nicht voneinander zu trennen: «Beides ist in meinem Leben stets ineinandergeflossen». Die pensionierte Diplomatin leitete während fast drei Jahrzehnten Schweizer Auslandsmissionen in über 40 Ländern, war Vizedirektorin der Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA) des Aussendepartements (EDA) sowie Schweizer Botschafterin in Mosambik und führte unzählige Verhandlungen mit internationalen Organisationen oder Konfliktparteien.

Ausgleich zu ihren anspruchsvollen Aufgaben fand sie bei Anlässen, die wiederum mit der Arbeit zu tun hatten. Auf Dienstreisen in Afrika, Zentralasien oder Russland lernte sie an Konzerten neue Musikstile kennen und besuchte Kunstausstellungen. Sie traf Menschen aus den unterschiedlichsten Kulturen und debattierte mit ihnen über Gott und die Welt – etwas, das ihr viel positive Energie gibt. «So sieht für mich Freizeit aus», sagt Adam.

Die heute 69-Jährige kam auf Umwegen zur Diplomatie. Nach der Matura entschied sie sich zunächst für ein Studium der Agrarwissenschaften an der ETH. «Ich wollte einen Beruf ergreifen, mit dem ich später ins Ausland gehen konnte», erzählt sie. Das Studium schien ihr als Vorbereitung darauf gut geeignet, da es thematisch breit aufgestellt war. Zudem vereinte es ihre beiden Interessenspole: Naturwissenschaften und Gesellschaft.

Beides fesselte sie bereits als Kind: In der Garage ihres Elternhauses in Solothurn richtete sie sich ein kleines Chemielabor ein. Mit dem Vater teilte sie die Leidenschaft für Fossilien, welche die beiden auf Wanderungen im Jura sammelten. Viel-

leicht grösser noch war ihre Neugier auf fremde Länder und Kulturen: Schon als Zwölfjährige verschlang sie alle Bücher, die sie darüber finden konnte. «Durchs Lesen wurde mir aber auch früh bewusst, dass es viel Armut und Ungerechtigkeit auf der Welt gibt», sagt Adam. Entsprechend faszinierten sie Persönlichkeiten, die für mehr Gerechtigkeit eintraten, wie etwa John F. Kennedy und Martin Luther King für das Ende der Rassendiskriminierung in den USA oder die Vertreter der Befreiungstheologie in Südamerika, die für die Rechte der Armen kämpften.

SCHRITT INS AUSLAND Davon inspiriert engagierte sie sich während ihres Studiums in der Kommission für Entwicklungsfragen des Studierendenverbands VSETH. Nach dem Abschluss als Ingenieur-Agronomin (Dipl. Ing. ETH) belegte sie einen Nachdiplom-Studiengang am NADEL, dem Zentrum für Entwicklung und Zusammenarbeit an der ETH. Den Plan, im Ausland zu arbeiten, konnte Adam bald darauf verwirklichen: 1980 ging sie zusammen mit ihrem Lebenspartner – einem Elektroingenieur, der ebenfalls an der ETH studiert hatte – für vier Jahre nach Mosambik und anschliessend für drei Jahre nach Madagaskar. Sie arbeitete als wissenschaftliche Beraterin der dortigen Landwirtschaftsministerien mit lokalen Fachleuten zusammen.

Obwohl sie die Arbeit bereichernd fand, begann sie sich irgendwann zu fragen, ob sie nicht anderswo mehr bewirken könnte. In Mosambik hatte sie erlebt, wie viel Zerstörung der Bürgerkrieg anrichtete, auch in der Landwirtschaft. «Mir wurde klar, dass es ohne Frieden keine Entwicklung geben kann.» Um sich künftig stärker für Demokratie und Friedensförderung einsetzen zu können, bewarb sie sich bei der DEZA. Dort war sie zunächst vier Jahre lang wissenschaftliche Experte für die Westafrikasektion und konnte dann 1991 als Landesdirektorin der Schweizerischen Entwicklungszusammenarbeit nach Niger gehen. «Es war eine grosse Chance für mich», sagt Adam, die als erste Frau diesen Posten innehatte.

THERESE ADAM Die Ingenieur-Agronomin (Dipl. Ing. ETH) Therese Adam arbeitete nach dem Studium in Mosambik und Madagaskar. Von 1987 bis zur Pensionierung 2014 war sie für die DEZA/EDA tätig, unter anderem als Vizedirektorin und Chefin des Bereichs Ostzusammenarbeit sowie als Schweizer Botschafterin in Mosambik. Nun ist sie als Dozentin tätig.

VON REBELLEN BEDROHT Sie war mit einem kleinen Team in der Hauptstadt Niamey im Süden des Landes stationiert und zuständig für die Koordination der Entwicklungszusammenarbeit, konsularische Dienste sowie die Sicherheit der Schweizerinnen und Schweizer vor Ort. Insbesondere Letzteres war eine grosse Herausforderung, denn Tuareg-Rebellen machten den Norden des Landes unsicher, sodass immer wieder Leute in Sicherheit gebracht werden mussten. Adam erhielt Drohbriefe, was eine durchaus ernst zu nehmende Gefahr war: Ihr Amtskollege in Mali war ein Jahr zuvor von Tuareg-Rebellen ermordet worden. Hatte sie nie Angst? Adam zögert einen Augenblick und sagt dann: «Mehr um die anderen als um mich.»

Ihre zurückhaltende Antwort passt sehr gut zu ihrer Rolle als Vermittlerin in Konflikten, die sie während ihrer weiteren Laufbahn häufig übernahm. Die wichtigsten Eigenschaften dafür: «Gut zuhören können und sich selbst nicht zu wichtig nehmen», sagt Adam. Nach ihrer Rückkehr aus Niger wurde sie zunächst Chefin der Sektion Globale Umwelt der DEZA in Bern. Sie vertrat unter anderem die Schweiz an multilateralen Verhandlungen von UNO-Umweltkonventionen. Anschliessend wurde sie Vizedirektorin der DEZA und leitete von 2001 bis 2010 den Bereich der Ostzusammenarbeit. Zu Beginn war sie mit dem Erbe der erst kürzlich beendeten Balkankriege konfrontiert: verbrannte Häuser, vermintes Land, vertriebene Men-



schen. «So ein Konflikt ist nicht einfach plötzlich vorbei, für einen echten Frieden bleibt viel zu tun», sagt Adam.

DANKBAR, DABEI ZU SEIN Zu ihren Aufgaben gehörte, die Wiedereingliederung von Flüchtlingen und den Aufbau demokratischer Strukturen zu unterstützen sowie zwischen Konfliktparteien zu vermitteln. Sie staunte darüber, wie beispielsweise Kosovo innerhalb weniger Jahre von einem völlig verwüsteten Land zu einem unabhängigen Staat wurde. «Ich bin sehr dankbar, das miterlebt zu haben.» Das gilt auch für die demokratische und wirtschaftliche Entwicklung, die sie in den Nachfolgestaaten der Sowjetunion sowie in den Beitrittsländern der EU-Erweiterung 2004 begleitete – mit ein Grund, weshalb für Adam die Zeit als Chefin des Bereichs der Ostzusammenarbeit die wichtigste ihre Karriere war.

Auch als Schweizer Botschafterin in Mosambik zwischen 2010 und 2014 lag ihr am Herzen, Friedens- und Demokratieprozesse zu unterstützen. Der Bürgerkrieg dort war zwar schon lange vorbei, doch der Frieden labil: 2013 flammten im Vorfeld von Wahlen alte Konflikte zwischen der Regierung und der Oppositionspartei wieder auf. Als Vertreterin der neutralen Schweiz beriet Adam lokale Vermittler zwischen den Konfliktparteien – etwas, das viel Fingerspitzengefühl erfordert. «Man trägt grosse Verantwortung, kann aber auch viel bewirken.» Die Verhandlungen mündeten schliesslich in einen Waffenstillstand, sodass die Wahlen stattfinden konnten.

ZWEITE KARRIERE ALS DOZENTIN Ein besonderes Anliegen war Adam immer die Frauenförderung. In Mosambik gründete sie mit Botschafterinnen aus anderen Ländern das «Lady Ambassadors»-Netzwerk, das sich auch mit lokalen Politikerinnen über Genderfragen austauschte. Und als Vizedirektorin der DEZA sorgte sie dafür, dass auch in Führungspositionen Jobsharing möglich wurde. Heute, nach ihrer Pensionierung, engagiert sie sich für die Nachwuchsförderung: Sie unterrichtet Globale Gouvernanz und Diplomatie an verschiedenen Hochschulen, unter anderem an der ETH. Es macht ihr viel Freude, ihren Erfahrungsschatz weiterzugeben. Ausserdem unterstützt sie über die ETH Foundation die Exzellenzstipendien der ETH, die herausragenden Masterstudierenden aus der Schweiz und aller Welt ein Studium an der ETH ermöglichen. Ihr gefällt, dass dabei auf ein ausgewogenes Geschlechterverhältnis geachtet wird: «Mir ist wichtig, dass Männer und Frauen gleiche Chancen bekommen.» ○

Coronabedingt können Veranstaltungen kurzfristig entfallen oder verschoben werden. Bitte informieren Sie sich auf der Website der Veranstalter.

AGENDA

ENTDECKEN

○ 4. Mai 2021, 10.00 – 12.00 Uhr

150 Jahre Agrarwissenschaften

Seit 150 Jahren gibt es die Agrarwissenschaften an der ETH Zürich. Ein Grund zum Feiern! Auf unserem «Jubiläumshub» zeigen wir spannende Facts und Storys aus den vergangenen 150 Jahren. Begleiten Sie die Agrarwissenschaften von der Vergangenheit in die Zukunft. An unserem grossen Online-Event spazieren wir mit ETH-Präsident Joël Mesot und Gästen durch einen landwirtschaftlichen Betrieb; wir besuchen die Agrarwissenschaften im Gebäude LFW im Zentrum und unsere Forschungsstationen in Eschikon im Kanton Zürich. An verschiedenen digitalen Apéros können Sie sich mit unseren Forschungsgruppen austauschen. Diskutieren Sie mit – wir freuen uns auf Sie!

—> agri150.ethz.ch



Bild: Max Bächtold



○ 16. und 17. April 2021

GLAMhack 2021

Einmal im Jahr stellt die OpenGLAM Working Group den Swiss Open Cultural Data Hackathon auf die Beine und bringt Datenlieferanten, Software-Entwicklerinnen, Digital Humanists, Künstler, Wikimedianerinnen und Wikipedianer sowie weitere interessierte Personen zusammen, um mit einzigartigen Kulturdaten zu experimentieren. Im Mittelpunkt des virtuellen Events stehen Fragen, wie Inhalte aus Kultur, Sammlungen, Archiven, Museen und Bibliotheken für aktuelle Forschungszwecke genutzt werden können, welche innovativen Web- und Mobile-Apps sich mit diesen Daten entwickeln lassen und ob die Inhalte für Wikipedia oder für künstlerische Kreationen eingesetzt werden können.

Details und Anmeldung unter:

—> library.ethz.ch/glamhack

LESEN

Pflanzenfaserarchitektur heute

Der Einsatz von Baustoffen aus schnell wachsenden Pflanzen ist eine grosse Chance, unmittelbar eine grosse Menge CO₂ einzuspeichern und damit dem Klimawandel entgegenzuwirken. Die 50 in diesem Buch vorgestellten biogenen Bauwerke wie etwa Wohnhäuser, Schulen, Gewerbebauten oder Infrastrukturprojekte aus aller Welt wurden aus Bambus, Stroh, Schilf, Palmbblättern, Rinde, Nordsee- oder Andengras oder sogar aus Pilzen und lebenden Pflanzen hergestellt.

Autorin: Dominique Gauzin-Müller
vdf Hochschulverlag
ISBN: 978-3-7281-4028-9



Bild: ETH-Bibliothek, Bildarchiv/
Franz Bock/Cesium

Explora: Georeferenzierung

Mit dem Smartphone alte Karten durchwandern? Die Geschichte des eigenen Wohnorts aus einer neuen Perspektive erleben? Wissenswertes zu geografischen Punkten entdecken? Das und noch viel mehr bietet Georeferenzierung, die Anreicherung digitalisierter Medien mit räumlicher Information.

Lesen Sie mehr darüber auf:
—> explora.ethz.ch

HÖREN

○ 5. Mai 2021, 19.30 Uhr

Klavierabend mit Konstantin Scherbakov



Bild: Jin-Pen

Der russische Virtuose Konstantin Scherbakov, einer der wichtigen Pianisten unserer Zeit, ist dank seinen unzähligen und preisgekrönten Aufnahmen von Raritäten der Klaviermusik bekannt geworden und ein gern gesehener Gast in der internationalen Musikszene.

Aula der Universität Zürich
Informationen und Tickets unter:
—> musicaldiscovery.ch

ETH-Podcast-Reihe: Unsicherheit

Klimawandel

Die beiden ETH-Professoren Reto Knutti und Tony Patt sowie die Studentin und Klimaaktivistin Annabelle Ehmann verraten, wie sie mit der Unsicherheit im Klimawandel umgehen.

Cybersecurity

Die ETH-Dozentin Myriam Dunn Cavely spricht im Podcast über Cybersecurity und Unsicherheit. Und Karin Holzhauser erzählt, warum sie nach einer Karriere in der Wirtschaft nun Informatik studiert.

Diese und weitere Podcasts (in Englisch):
—> ethz.ch/podcast

OUT OF FOKUS



Illustration: Michael Meister

Störungen – gesehen von Michael Meister

IMPRESSUM Herausgeber: ETH Alumni / ETH Zürich, ISSN 2235-7289 **Redaktion:** Martina Märki (Leitung), Selina Betschart, Angelika Bühler, Corinne Johannssen, Nicol Klenk, Karin Köchle, Peter Rüegg, Franziska Schmid, Michael Walther, Felix Würsten
Mitarbeit: Claudia Hoffmann, Samuel Schläfli **Inseratverwaltung:** ETH Alumni Communications, globe@alumni.ethz.ch, +41 44 632 51 24 **Inseratmanagement:** Fachmedien, Zürichsee Werbe AG, Stäfa, info@fachmedien.ch, +41 44 928 56 53 **Gestaltung:** Crafft AG, Zürich **Druck und Korrektorat:** Neidhart + Schön AG, Zürich **Übersetzung:** trawo-Übersetzungen; Clare Bourne, Gena Olson, ETH Zürich **Auflage:** 38 500 deutsch, 7000 englisch, viermal jährlich **Abonnement:** CHF 20.– im Jahr (vier Ausgaben); in der Vollmitgliedschaft bei ETH Alumni enthalten **Bestellungen und Adressänderungen:** globe@hk.ethz.ch bzw. für ETH Alumni www.alumni.ethz.ch/myalumni **Kontakt:** www.ethz.ch/globe, globe@hk.ethz.ch, +41 44 632 42 52



ClimatePartner®
klimaneutral

Druck | ID: 53232-1502-1013



Opportunities for you

As a globally active and innovative industrial corporation, GF provides many opportunities for you. Now it's your turn.



www.georgfischer.com/career





Weil man Motoren auf dem Mars nicht reparieren kann

Dominik Omlin, Produktionsingenieur

Jeder Griff muss sitzen, wenn es um Antriebe für Marsmissionen geht. Und jeder Montageschritt wird dokumentiert. Denn falls unser Antrieb nicht funktioniert, scheitert vielleicht die ganze Mission. Deshalb tauschen sich Dominik und sein Team in der Spezialproduktion regelmässig aus, diskutieren die nächsten Schritte und arbeiten strikt nach dem Vieraugenprinzip. Sorgfalt und Neugierde treiben uns zu Spitzenleistungen an. Erforschen Sie jetzt unser Universum: mars.maxonworld.com



Approved supplier
of mechanism actuators for
space exploration missions