

Fünf Fragen an den neuen ETH-Rektor 39 Eine Holzkuppel nur aus Abfall 40  
ETH-Alumna Paulina Grnarova will das Rechtswesen revolutionieren 45

# GLOBE

NR.  
1/2022

## (Un)bekannte Risiken

Wie wir mit Bedrohungen  
umgehen 14



+GF+

**Level up. Your ambition  
deserves it.**

Achieving Excellence Together  
[georgfischer.com/career](https://georgfischer.com/career)



+GF+

EDITORIAL

# SICHERHEIT UND RISIKO



GLOBE – Das Magazin der ETH Zürich  
und der ETH Alumni

Als unsere Redaktion diese Ausgabe von *Globe* abschliessen wollte, geschah mit dem Einmarsch Russlands in die Ukraine das Unvorstellbare. Mit einem Schlag veränderte sich die Sicherheitslage in Europa dramatisch. Lesen Sie aus aktuellem Anlass ein Interview zur Einordnung des Krieges gegen die Ukraine, dessen Auswirkungen heute kaum absehbar sind.

Unsere modernen Gesellschaften stützen sich auf immer komplexere Infrastrukturen, ob real oder im virtuellen Raum, und werden dadurch verletzlich. Wir sehen uns mit ökologischen, ökonomischen und sicherheitspolitischen Herausforderungen gleichermaßen konfrontiert. Wie eine weltweite Gesundheitskrise aussehen kann, hat uns die Corona-Pandemie vor Augen geführt. Nun, da wir im Begriff sind, die Gesundheitskrise hinter uns zu lassen, hält uns ein Konflikt unweit unserer Grenzen in Atem. Krisen scheinen der Normalzustand der Moderne zu sein.

Die Risikoforschung an der ETH Zürich ist vielfältig. Unsere Forschenden untersuchen, welche Faktoren es im Umgang mit Risiken zu berücksichtigen gilt, mit welchen Lösungen sie mindestens teilweise beherrscht werden können und was es auf der persönlichen, politischen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Ebene braucht, damit Lösungen greifen.

Diese *Globe*-Ausgabe stellt ausgewählte Themen der aktuellen Risikoforschung vor. Zudem beantworteten für die Bildserie Forschende verschiedenster Fachgebiete die Frage: Welche Risiken unterschätzen wir? Die Antworten führen den Blick wieder auf Aspekte unseres Lebens jenseits kriegerischer Auseinandersetzungen.

Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre.

Joël Mesot,  
Präsident der ETH Zürich

# Schnapp dir den besten Studentenjob des Jahres

Verdiene 5'000 CHF, um im Sommer zu verreisen und die Multiwährungskarte von Yuh im Ausland zu testen.\*



Bewirb dich hier

\*Siehe Angebotsbedingungen.



**yuh**  
3-in-1  
Finanz-App

**«Ich empfinde es als meine Verantwortung, etwas zurückzugeben.»**

**Christian Buess, Unternehmer  
ETH Alumnus und Gönner ETH Foundation**

Die ETH hat sein Leben geprägt. Deshalb berücksichtigt Christian Buess die ETH Foundation in seinem Testament. Erfahren Sie mehr und bestellen Sie unsere Informationsbroschüre rund um das Thema Nachlässe:

🌐 [www.ethz-foundation.ch/nachlass](http://www.ethz-foundation.ch/nachlass)



40

## NEW + NOTED

- 6 News aus der ETH Zürich
- 8 Kreativität im freien Lauf
- 10 **ZUKUNFTSBLOG**  
Pandemie und Psyche

## FOKUS

- 14 **UNTERSCHÄTZTE RISIKEN**  
Eine Bildserie
- 17 **«ES WIRD KEINEN NEUEN KALTEN KRIEG GEBEN.»** Ein Gespräch über den Krieg in der Ukraine und seine Folgen für die Sicherheitspolitik.
- 21 **VIRTUELLE WELT, REALE GEFAHR**  
Die Digitalisierung bietet eine Fülle von neuen Chancen – und Risiken.
- 25 **DIE SOZIALE SEITE DER NATURKATASTROPHEN**  
Gesellschaftliche Entscheidungen sind für das Ausmass von Katastrophen wichtiger als die Naturgefahr selbst.
- 28 **WIE SICHER IST UNSER GELD?**  
Viele westliche Industriestaaten sind erneut mit hoher Inflation konfrontiert.



Bilder: Daniel Winkler (2)

45

## COMMUNITY

- 32 Verbunden mit der ETH
- 34 **WISSENSCHAFTLICH INTEGRES HANDELN**  
Die ETH-Leitung hat neue Richtlinien zur wissenschaftlichen Integrität erlassen.
- 37 **TRANSFER** Sensorsystem für Herzpumpe
- 39 **PERSÖNLICH** Günther Dissertori setzt in der Lehre auf Enthusiasmus, Empathie und Erwartungsmanagement.

## REPORTAGE

- 40 **EINE HOLZKUPPEL NUR AUS ABFALL**  
Auf dem Weg zu mehr Kreislaufwirtschaft

## PROFIL

- 45 **MEHR ALS NUR KÜNSTLICHE INTELLIGENZ**  
Alumna Paulina Grnarova revolutioniert die Arbeitsweise im Rechtswesen.
- 48 **AGENDA**
- 50 **OUT OF FOKUS**

# NEW + NOTED



Bild: Xu Chen

Der neue KI-basierte Ansatz erstellt automatisch Avatare, die nie zuvor gesehene Bewegungen ausführen.

## Lebensechte Avatare rücken näher

Geht es nach den grossen Tech-Unternehmen, sollen wir uns schon ab nächstem Jahr in einer virtuellen Erlebniswelt, dem sogenannten Metaversum, treffen können – mittels 3D-Brillen und spezialisierter Computerprogramme. Der Schlüssel zu einem möglichst natürlichen Nutzererlebnis in Virtual-Reality-Anwendungen sind sogenannte Avatare, also computergenerierte, plastische Darstellungen von Menschen. Je realistischer die Avatare aussehen und sich verhalten, desto eher stellt sich das Gefühl einer echten sozialen Interaktion ein.

ETH-Forschende um Otmar Hilliges, Professor für Computerwissenschaften an der ETH Zürich, haben neue Algorithmen entwickelt, mit denen sich virtuelle Menschen deutlich einfacher als bisher erstellen lassen. Anstatt jedes Detail zu modellieren, nutzen die Wissenschaftler intelligente Algorithmen,

die basierend auf 3D-Bildern von Menschen in einigen wenigen Posen lernen, animierte Ganzkörper-Avatare in allen erdenklichen Posen automatisch darzustellen.

Ausgehend von der Grundposition berechnen die KI-Algorithmen den Weg zu einer bewegten Pose. Weil auf diese Weise der Ausgangspunkt der Berechnungen immer der gleiche bleibt, lernen die Algorithmen besser, Bewegungen zu verallgemeinern. Ein solches Computermodell ist erstmals in der Lage, auch neue Bewegungsmuster problemlos darzustellen. Selbst akrobatische Bewegungen wie einen Überschlag oder eine Rückenbrücke kann es erzeugen.

Noch lassen sich die neuen Ganzkörper-Avatare nicht personalisieren. Die Darstellungen beschränken sich auf den Menschen, von dem die 3D-Bilder stammen. Der nächste Schritt ist nun ein Computermodell, das beliebig neue Identitäten erschaffen kann. ○

## Belastungsgrenzen massiv überschritten

Forschende der ETH Zürich haben einen Nachhaltigkeitstest entwickelt, der erstmals absolute Zahlen zur globalen Umweltbelastung durch die chemische Industrie liefert. Die Methode vergleicht den Ressourcenverbrauch von Chemikalien mit dem ökologischen Budget unseres Planeten. Die heute in der Chemiebranche übliche Praxis zur Nachhaltigkeitsprüfung ist, lediglich den CO<sub>2</sub>-Fussabdruck eines bestimmten Produkts zu berechnen.

Die Berechnungen der Forschenden um die beiden ETH-Professoren Gonzalo Guillén Gosálbez und Javier Pérez-Ramírez stützen sich auf die sogenannten planetaren Belastungsgrenzen. Das wissenschaftliche Konzept beschreibt den Einfluss des Menschen auf die sieben wichtigsten Umweltphänomene wie den Biodiversitätsverlust oder die veränderte Landnutzung. Von den 492 untersuchten Chemikalien überschritten 99 Prozent mindestens eine planetare Belastungsgrenze. Nur gerade drei der Chemikalien stuft die neue Methode als ökologisch nachhaltig ein.

Dass fast alle untersuchten Chemikalien umweltschädlich sind, hat die Wissenschaftler kaum überrascht. Denn heute wird das Kohlenstoff-Grundgerüst von Chemikalien noch immer zu über 85 Prozent aus fossilen Rohstoffen gewonnen. Die Forscher hatten aber nicht erwartet, dass einige Chemikalien die Belastungsgrenzen der Erde um mehr als das 100-fache überschreiten.

In Beratungsgesprächen mit dem ETH-Professor Guillén Gosálbez zeigen sich praktisch alle Chemieunternehmen willens, ihre Produktion umweltfreundlicher zu gestalten – auch aus wirtschaftlichen Gründen: «Nachhaltigkeit hat sich zum globalen Trend entwickelt. Immer mehr Kundinnen und Kunden achten darauf», fasst Guillén Gosálbez zusammen. ○



Bild: Adobe Stock

## Das Baumwachstum gezielt verändern

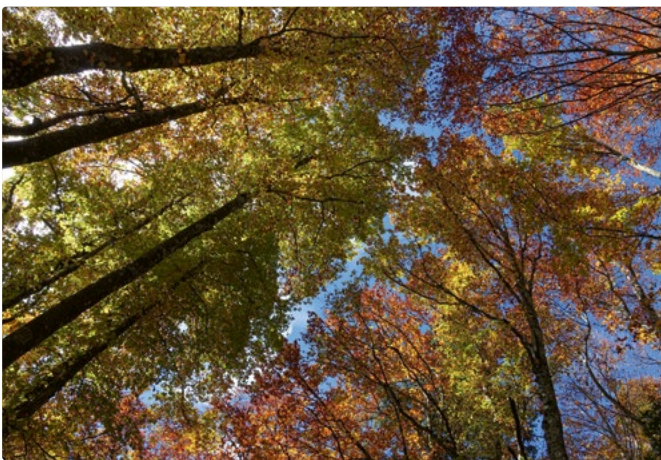


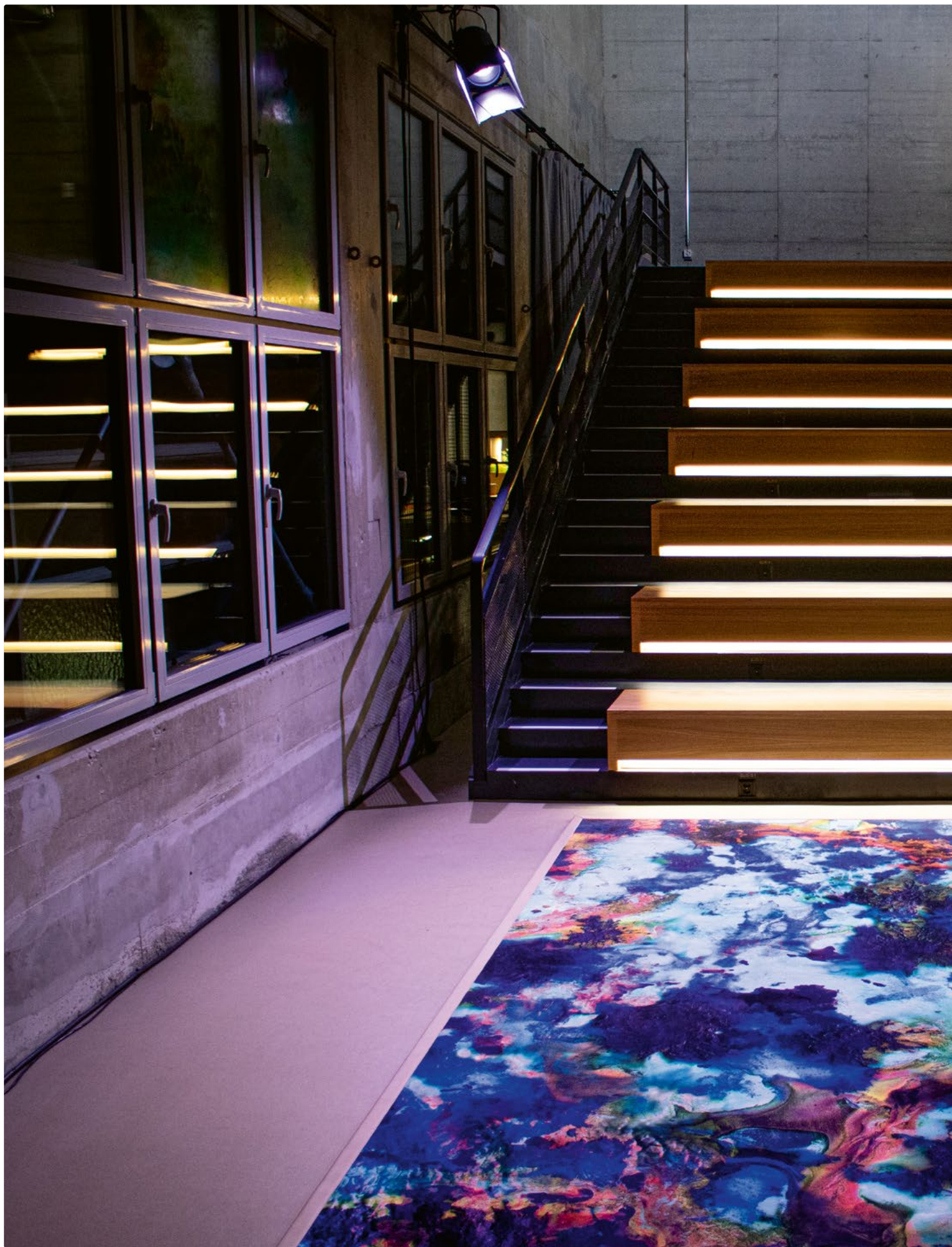
Bild: Peter Rüegg

Damit Bäume in den Himmel wachsen können, sind sie auf einen Pilzpartner angewiesen.

Wie gross der Einfluss der Wurzelpilze auf das Wachstum ausgewachsener Waldbäume und gesamte Wälder wirklich ist, wurde bis anhin nur unvollständig verstanden. Forschende um Tom Crowther, ETH-Professor für globale Ökosysteme, zeigen nun für fünf europäische Waldbaumarten auf, dass unterschiedliche Pilzgesellschaften für eine grössere Variation des Baumwachstums sorgen, als die an einem Standort herrschenden klimatischen Bedingungen sowie der menschengemachte Stickstoffeintrag es vermuten liessen.

Am schnellsten wachsen Bäume dort, wo Pilzgemeinschaften darauf spezialisiert sind, die anorganischen Stickstoffverbindungen Ammonium und Nitrat aus dem Boden aufzunehmen und diese den Bäumen zur Verfügung zu stellen. Das Wachstum war hingegen langsamer, wenn die dazugehörigen Pilzgesellschaften den Bäumen Stickstoff aus organischen Quellen verfügbar machen. Dazu müssen die Pilze nämlich erst spezielle Enzyme bilden.

Diese Studie kann die Forstwirtschaft dabei unterstützen, gewisse Waldgebiete mit spezifischen Pilzgesellschaften zu beimpfen, um das Baumwachstum gezielt zu verändern. ○







## Kreativität im freien Lauf

KUNST AM BAU ○ Orange, Blau, Grün und Pink: alles starke Farben. Doch in Maya Rochats Kunstwerken verfließen sie zu einem harmonischen Ganzen. Seit Anfang Februar sind zwei Teppiche, bedruckt mit Bildern der jungen Künstlerin, im neueröffneten Student Project House unweit des ETH-Hauptgebäudes zu finden. Sie schmücken die Lounge im ersten Stock. Das Kunst-am-Bau-Projekt passt gut ins Ideenlabor für Studierende. Rochat experimentiert in ihrer Serie «Living in a painting» damit, wie sich Kunst und Alltag verbinden lassen. Kunst soll nicht nur hinter Vitrinen ausgestellt sein, man soll sie berühren, am Körper tragen, in ihr leben können. Mit den Kunstteppichen will die Künstlerin nicht nur Farbe in den Rohbetonbau des ehemaligen Fernheizkraftwerks bringen. Vielmehr hofft Rochat, dass die bunten Farbinseln Momente im Alltag der Studierenden schaffen, wo sie Zeit zum Träumen finden und ihrer Kreativität freien Lauf lassen können. ○

→ [sph.ethz.ch](https://sph.ethz.ch)

## Pandemie und Psyche

Viele Menschen hat die Pandemie psychisch belastet. Doch manche kommen besser damit zurecht als andere. ETH-Wissenschaftler José Pérez Escobar erklärt warum.



**JOSÉ ANTONIO PÉREZ ESCOBAR** ist Wissenschaftler und Dozent an der Professur für Geschichte und Philosophie der mathematischen Wissenschaften der ETH Zürich. Er hat Psychologie, Neurowissenschaften und Philosophie studiert.



Soziale Isolation während der Pandemie kann die psychische Gesundheit beeinträchtigen.

Die Covid-19-Pandemie brachte in den vergangenen zwei Jahren einen Grossteil der Weltbevölkerung in eine noch nie dagewesene Situation. Die Bewegungsfreiheit der meisten Menschen war lange Zeit stark eingeschränkt, einige Menschen waren sozial isoliert und viele lebten mehr als sonst in Angst um ihre Gesundheit, um das Leben ihrer Angehörigen oder vor den wirtschaftlichen Auswirkungen der Pandemie. All dies wirkte sich auf die psychische Gesundheit der Bevölkerung aus. Da die Einschränkungen, das Leid und die Ängste auf die Pandemie zurückzuführen waren und sind und sich nicht per se vermeiden lassen, ist es wichtig, dass Menschen mit ihnen umgehen können.

Wir haben eine Studie mit über 12 000 Freiwilligen aus 30 Ländern durchgeführt, um herauszufinden, wie sie mit der Pandemie und ihren Einschränkungen im letzten Jahr zurechtkamen. Unsere Untersuchungen haben gezeigt, dass Menschen, die Wertvorstellungen und langfristige Ziele haben und diese engagiert verfolgen, negative Affekte besser verarbeiten können. Sie litten während der Pandemie weniger unter Stress, Depres-

sionen und Angstzuständen. Es waren dies Personen, die Aussagen zustimmten wie «Ich gehe gestärkt aus dieser Situation hervor», «Ich tue jeden Tag etwas Produktives», «Ich nutze diese Situation, um meinen Lieben näher zu kommen» und «Ich bin dankbar für mein Leben, wie es ist». Diesen Personen ist ein höheres Mass an «innerer Harmonie» eigen, es gelingt ihnen, positive wie auch negative Lebensaspekte zu akzeptieren und in das eigene Leben zu integrieren.

Die Psychologie hat in den letzten Jahrzehnten die Integration negativer Emotionen in unser Leben vernachlässigt. Dies wäre jedoch nötig, um psychologische Widerstandsfähigkeit zu entwickeln. Dazu

müssen wir sowohl negative als auch positive Aspekte des Lebens annehmen, anstatt die Ersteren zu verdrängen. Dies ist vor allem (aber nicht nur) im Kontext einer Pandemie wichtig, in der negative Emotionen alltäglich und schwer zu vermeiden sind.

**UMDEUTUNG SCHWIERIGER SITUATIONEN** Doch wie kann man dies erreichen? Im Mittelpunkt steht die Technik des Umdeutens, auf Englisch als Reframing bezeichnet. Es besteht im Wesentlichen darin, unsere Perspektive auf ein Problem zu ändern, um sinnvolle Lösungsansätze zu finden. Denn die Art und Weise, wie ein Problem formuliert und damit definiert wird, schränkt manchmal ein, wie es angegangen werden kann.

Ein schwieriges Ereignis kann zum Beispiel entweder als Bedrohung oder als Herausforderung wahrgenommen werden. Ein Beispiel: Social Distancing kann man als Herausforderungen begreifen, welche die Konzentration auf die eigenen Ziele fördern, emotionale Bindungen stärken und die Wertschätzung von Beziehungen erhöhen können. Das Reframing schwieriger Ereignisse und der damit verbundenen negativen Emotionen ist eine Alternative zum Verdrängen. Insbesondere wenn sich schwierige Ereignisse nicht vermeiden lassen, wie es bei der Covid-19-Pandemie der Fall war und immer noch ist, ist es von entscheidender Bedeutung, gesunde Strategien zur Stressbewältigung zu entwickeln.

Schwierige Ereignisse als Chance zu verstehen, ist keine angeborene Fähigkeit. Alle können sie erlernen, wenn sie entsprechend geschult und engagiert sind, und professionelle Hilfe kann dabei helfen.

Die Fähigkeit zum Reframing ist für gefährdete Bevölkerungsgruppen besonders wichtig. Unsere Studienergebnisse deuten darauf hin, dass Frauen, junge Menschen, Studierende, Arbeitnehmende mit geringem Einkommen und vor allem Menschen mit psychischen oder körperlichen Vorerkrankungen die Gruppen sind, die während der Pandemie am stärksten unter Stress, Angst und Depression litten. Aus diesem Grund sollte das Erlernen gesunder Reframing-Fähigkeiten auf die politische Agenda gesetzt und in die Leitlinien von Institutionen wie der Weltgesundheitsorganisation aufgenommen werden. ○

Weitere Blogbeiträge unter:

→ [ethz.ch/zukunftsblog](https://ethz.ch/zukunftsblog)

## Wann wir Entscheidungen vertrauen



Donut oder Apfel?  
Keine einfache Entscheidung.

Manche Entscheidungen fühlen sich intuitiv richtig an, bei anderen werden wir skeptisch und revidieren sie sogar. Doch woher kommt dieses Gefühl? Diese Fragen hat ein Team von Forschenden der ETH Zürich und der Universität Zürich unter Leitung von ETH-Professor Rafael Polanía nun erstmals systematisch erforscht. Auf Basis experimenteller Daten haben die Autoren ein Computermodell entwickelt, das vorhersagen kann, wie sich Personen zwischen alternativen Optionen entscheiden und warum sie dieser Wahl vertrauen oder misstrauen.

Anhand dieses Modells können die Forschenden nun zeigen, dass sich Entscheidungen für uns vor allem dann richtig anfühlen, wenn wir unterschiedliche Optionen besonders aufmerksam verglichen haben und uns dessen auch bewusst sind.

Die Fähigkeit, schlechte Entscheidungen zu hinterfragen und rückgängig zu machen, hängt demzufolge davon ab, wie gut wir selbst einschätzen können, ob wir gründlich abgewogen haben oder bei der Entscheidungsfindung abgelenkt waren. Diese Fähigkeit zur Selbstbeobachtung – in Fachkreisen Introspektion genannt – ist eine wichtige Voraussetzung für Selbstkontrolle. ○

# Wie Roboter wandern lernen

Steile Passagen auf rutschigem Untergrund, hohe Stufen, Geröll und Waldwege mit Wurzeln: Der Weg auf den 1098 Meter hohen Berg Etzel am südlichen Ende des Zürichsees ist gepflastert mit zahlreichen Hindernissen. Doch ANYmal, der vierbeinige Laufroboter des Robotic Systems Lab



Bild: Takahiro Miki

Der Laufroboter ANYmal auf dem steinigen Weg zum Gipfel des 1098 Meter hohen Bergs Etzel.

der ETH Zürich von Marco Hutter, überwindet die 120 Höhenmeter mühelos und steht nach 31-minütigem Aufstieg auf dem Gipfel. Vier Minuten schneller als für menschliche Wanderer vorgesehen. Und das ohne Sturz oder Fehler.

Möglich wird dies durch ein neues Steuerungssystem, das auf einem neuronalen Netzwerk basiert. «Der Roboter hat gelernt, die visuelle Wahrnehmung der Umwelt mit der auf direktem Beinkontakt beruhenden Tastwahrnehmung zu kombinieren. Er kann dadurch unwegsames Gelände schneller, effizienter und vor allem robuster bewältigen», erklärt Robotik-Professor Hutter. In Zukunft kann ANYmal überall dort eingesetzt werden, wo es für Menschen zu gefährlich oder für andere Roboter zu unwegsam ist.

Bevor der Roboter seine Fähigkeiten in der Natur unter Beweis stellen konnte, haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler das System in einem virtuellen Trainingslager mit zahlreichen Hindernissen und Fehlerquellen konfrontiert. Dadurch lernte das Netzwerk, wie der Roboter optimal Hindernisse überwindet und wann er dabei auf Umweltdaten vertrauen kann oder diese besser ignoriert. ○

# Erdinneres kühlt schneller ab

ETH-Professor Motohiko Murakami und Kollegen der Carnegie Institution for Science haben ein ausgeklügeltes Messsystem entwickelt, das es ermöglicht, die Wärmeleitfähigkeit von Bridgmanit – dem Mineral, das die Grenzschicht zwischen Erdmantel und Erdkern bildet – im Labor zu messen, und zwar unter den Druck- und Temperaturbedingungen, wie sie im Innern der Erde herrschen.

Für die Messungen verwendeten sie ein kürzlich entwickeltes optisches Absorptionssystem in einer mit einem gepulsten Laser beheizten Diamanteinheit. Mit diesem Messsystem konnten die Forschenden zeigen, dass die Wärmeleitfähigkeit von Bridgmanit etwa eineinhalbfach höher ist als angenommen. Dies lässt den Schluss zu, dass auch der Wärmefluss vom Kern in den Mantel höher ist als bisher gedacht. Damit kühlt das Erdinnere schneller ab als erwartet. ○

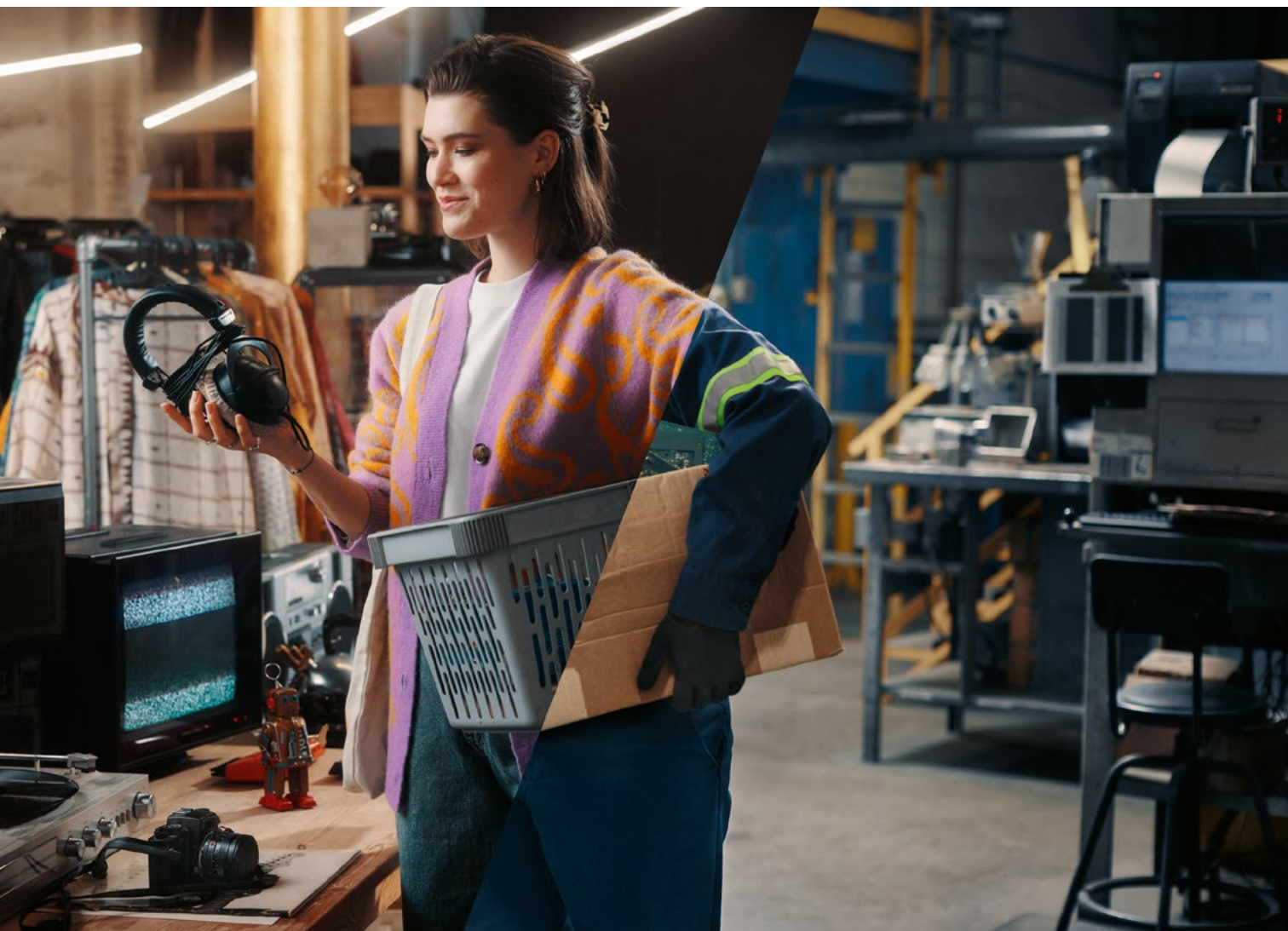


Der Erdkern gibt Wärme an den Erdmantel (orange bis dunkelrot) ab, was zur langsamen Auskühlung der Erde beiträgt.

Bild: iStock / Rest-9D

# GLENCORE

## Sie vermeiden Verschwendung.



## Wir auch.



Wenn Sie gebrauchte Gegenstände kaufen, belasten Sie den Planeten weniger. Als eine der weltweit führenden Recyclerinnen von Elektroschrott geben wir dem Kupfer und den Edelmetallen aus entsorgten Geräten ein neues Leben in der Kreislaufwirtschaft. Was uns sonst noch verbindet, entdecken Sie auf [glencore.ch](https://www.glencore.ch)

# Sicherheit



# und

**SICHERES LERNEN** Autonome Systeme wie Roboter, Fahrzeuge oder Produktionsanlagen sollen lernen, sich selbst zu verbessern. Die Vision ist ein System, das mit seiner Umgebung interagiert und lernt, eine Aufgabe zu erfüllen. Durch die Vielzahl der Möglichkeiten können Handlungen, die rein auf Erfahrungen basieren, aber zu Fehlern führen – mit möglicherweise kritischen Konsequenzen. Wir entwickeln Methoden, die durch Modelle, Systemverständnis und Analyse das Risiko einer Handlung abschätzen und diese falls nötig anpassen können, um so Lernen in einem sicheren Rahmen zu ermöglichen.

Melanie Zeilinger, Professorin für Intelligente Regelsysteme → [idsc.ethz.ch](http://idsc.ethz.ch)

A lit candle in a glass holder stands on a brown surface, surrounded by broken white ceramic dishes and a glass sphere. The candle is lit, and the glass sphere is tipped over, spilling white powder. The broken dishes are scattered around the base of the candle and sphere, with some liquid residue visible. The background is a solid brown color.

# Risiko

**FOKUS** | Unser Leben wurde in vielen Bereichen sicherer. In anderen Bereichen sehen wir uns neuen Gefahren ausgesetzt. Und manche Risiken unterschätzen wir schlicht. Wie ETH-Forschende Risiken bewerten und welche Lösungen sie entwickeln.

**INFRASTRUKTURVERSAGEN** Einer der wichtigsten Aspekte bei der Planung von Bauwerken besteht darin, ein Strukturversagen zu verhindern. In Bezug auf die Alterung von Bauwerken und der Dauerbelastung als Bewährungsprobe für neue Konstruktionsmethoden wurde dieses Risiko in den letzten Jahren unterschätzt. Wir entwickeln datengetriebene Algorithmen, die mit Sensortechnik den Zustand der überwachten Objekte prüfen. Dazu nutzen wir Datenverarbeitung, maschinelles Lernen und Computertechnik, um Daten von in Betrieb befindlichen Bauwerken und fortgeschrittenen Labortests mit physikalischen Modellen zusammenzuführen und neue Erkenntnisse für den Betrieb und Schutz von Bauwerken und Infrastrukturen zu gewinnen.  
Eleni Chatzi, Professorin für Strukturmechanik und Monitoring. —> [chatzi.ibk.ethz.ch](http://chatzi.ibk.ethz.ch)





**Herr Wenger, geht mit dem russischen Angriff auf die Ukraine eine Epoche zu Ende, die mit dem Zerfall der Sowjetunion begann?**

ANDREAS WENGER: Das kann man so sagen. Der Krieg in der Ukraine zwingt die europäischen Gesellschaften, sich von der Vision eines integrativen und liberalen europäischen Sicherheitssystems zu verabschieden. Denn diese Vision ist mit dem russischen Denken und Handeln nicht vereinbar. Krieg als Mittel der Politik ist leider nicht aus den Geschichtsbüchern verschwunden.

**Stellt der Krieg auch für Russland eine Zäsur dar?**

Aus russischer Sicht ging die Epoche nach dem Ende des Kalten Krieges offenkundig bereits früher zu Ende. Mit dem Krieg in Georgien im Jahr 2008 signalisierte Putin, dass Russland keine Erweiterung der Nato mehr akzeptieren würde. Und mit der Annexion der Krim 2014 und der «verdeckten» Intervention in der Ostukraine wollte er die Integration der Ukraine in die EU verhindern. Es ist seit langem sichtbar, dass die russischen und westlichen Ordnungsvorstellungen nicht vereinbar sind. Der Westen hat es verpasst, sich ernsthaft mit der Neuausrichtung der europäischen Sicherheitsordnung auseinanderzusetzen. Besonders wichtig —>

# «Es wird keinen neuen Kalten Krieg geben»

In Europa herrscht wieder Krieg, obwohl dies lange als undenkbar galt. Welche mittel- und langfristigen Folgen sich daraus für die internationale und schweizerische Sicherheitspolitik ergeben, analysiert Professor Andreas Wenger.

INTERVIEW Christoph Elhardt

wäre gewesen, eine Antwort zu finden, welche Rolle Russland respektive die Länder zwischen Russland und der Nato spielen sollen.

### **Hätte der Krieg durch ein entschlosseneres Handeln des Westens verhindert werden können?**

Diese Frage wird zurzeit in amerikanischen Expertenkreisen intensiv diskutiert. Präsident Biden wird für die frühzeitige Ankündigung kritisiert, die Nato werde keine Truppen in die Ukraine senden. Es wird argumentiert, dem massiven Zusammenzug russischer Truppen hätte viel früher mit einer militärischen Gegenmachtbildung begegnet werden sollen. Diese Vorwürfe greifen aus meiner Sicht zu kurz. Sie sind zu eng militärisch gedacht und übersehen, dass die Europäer einer solchen Politik nicht gefolgt wären.

### **Sind die mittel- und langfristigen Folgen des Krieges für die internationale Politik bereits absehbar?**

Vieles hängt vom weiteren Verlauf des Krieges ab. Wie immer nach Kriegen, werden die mittel- und langfristigen Konsequenzen erst sichtbar, wenn sich im Krisengebiet der «Nebel des Krieges» verzogen hat und sich die innenpolitischen Debatten etwas beruhigt haben. So weit sind wir momentan noch nicht.

### **Könnte der Krieg der Anfang vom Ende Putins sein?**

Nach wie vor sind sehr unterschiedliche Ausgänge des Krieges denkbar, mit unterschiedlichen Folgen für Russland. Es könnte sich in der langfristigen Rückschau tatsächlich herausstellen, dass der Krieg das Ende von Putins Herrschaft eingeleitet hat. Ein Dialog über die Zukunft der europäischen Sicherheitsordnung und Neubeginn der russischen-europäischen Beziehungen könnte damit wieder möglich werden. Vorerst scheint es allerdings wahrscheinlicher, dass sich Putin in einem isolierten Russland an der Macht hält und der Ukraine ein jahrelanges Aufstandsszenario droht. In einem solchen Szenario würden die Beziehungen zwischen dem Westen und Russland auf Jahre hinaus von der Logik der Abschreckung bestimmt, Russland würde sich noch stärker nach Osten ausrichten und die strategische Partnerschaft mit China dürfte sich vertiefen.

### **Kommt es zu einem neuen Kalten Krieg?**

Nein, die Welt wird keinen neuen Kalten Krieg wie im 20. Jahrhundert erleben. Dafür hat sich das internationale Umfeld zu stark gewandelt. Europa bildet nicht mehr den Angelpunkt eines bipolaren Systems. Der Schwerpunkt der Weltpolitik hat sich nach Asien und in den Pazifik verschoben. Die Beziehungen zwischen China und den USA bilden die Hauptachse in einem multipo-

laren System der Grossmächte, um die herum sich Europa und Russland gruppieren. In einem solchen System müssen Staaten aufgrund der vielschichtigen wirtschaftlichen und institutionellen Verflechtungen immer in gewissen Bereichen kooperieren, um in anderen Bereichen konkurrieren zu können.

### **Welche Rolle spielte die Rivalität zwischen den USA und China für den Ausbruch des Krieges?**

Sowohl der Ausbruch des Krieges als auch sein Ende können nur verstanden werden, wenn die Rollen der USA und Chinas mitberücksichtigt werden. China vertiefte die strategische Partnerschaft mit Russland im Vorfeld des Krieges auch deshalb, um ein Gegengewicht zur verteidigungspolitischen Partnerschaft zwischen den USA, Grossbritannien, Australien und Indien zu bilden. Das hat Putin den Rücken gestärkt. Die USA wiederum überliessen die politische Führung in der Ukrainekrise den Europäern, um sich vermehrt auf Brennpunkte im Pazifik konzentrieren zu können. Washington will nicht in einen «Zweifrontenkrieg» hineingezogen werden.

## **«Russland und die EU müssen lernen, Ordnungs- und Geopolitik zu verbinden.»**

Andreas Wenger

### **China hat sich stets für die Prinzipien der territorialen Integrität und Nichteinmischung stark gemacht. Sehen wir gerade einen Wandel in der chinesischen Aussenpolitik?**

Je länger und intensiver der Krieg wird, desto schwieriger dürfte es für China werden, die Widersprüche in seiner Position zu kaschieren: Erstens, die russische Invasion nicht zu kritisieren, obwohl der Krieg nicht im Interesse Chinas sein kann. Zweitens, die westlichen Sanktionen zurückzuweisen, ohne selber ins Visier westlicher Sanktionen zu kommen. Und drittens, die Prinzipien der unbedingten Souveränität und territorialen Integrität, die auch für die Ukraine gelten, vollumfänglich aufrecht zu erhalten. Der Ausgang des Krieges wird auch Rückwirkungen auf die Partnerschaft zwischen Russland und China haben. Sollte sich diese vertiefen, dürfte sich Russland zunehmend zum Juniorpartner Chinas entwickeln.

### **Kommen wir auf die europäische Sicherheit zu sprechen. Können Russland und Europa wieder zu einer stabilen Sicherheitsarchitektur finden?**

Die Beziehung zwischen Russland und Europa ist sehr asymmetrisch. Russland ist militärisch stark, wirtschaftlich hingegen keine globale Grösse. Die EU wiederum ist wirtschaftlich stark, militärisch aber weiterhin abhängig von den USA. Streiten die beiden, trifft militärische Feuerkraft auf regulatorische Handelsmacht. Allerdings dürfte es sich Russland in Zukunft gut überlegen, seine militärische Übermacht in ähnlicher Weise gegenüber einem Nato-Mitglied auszuspielen – zu gross sind die Eskalationsrisiken im nuklearen Bereich. Russland und die EU müssen lernen, Ordnungs- und Geopolitik zu verbinden, um langfristig wieder zu stabilen Beziehungen zu finden.

### **Die EU agierte nach Kriegsausbruch überraschend geschlossen und einigte sich auf ein beispielloses Sanktionspaket. Wird sie in Zukunft eine dominantere Rolle in der Weltpolitik einnehmen?**

Entscheidend ist, dass Europa die improvisierten strategischen Entscheidungen der letzten Wochen kritisch reflektiert. Es ist der EU gelungen, ihre regulatorische Macht und ihre Normen an der Seite der USA als breites Zwangsmittel einzusetzen. Damit hat sie massiven wirtschaftlichen Druck auf Russland ausgeübt. Allerdings hat sich gleichzeitig gezeigt, dass Sanktionsdrohungen nur beschränkt Wirkung erzeugen. Kommen sie erst mitten in der Krise zum Einsatz, besteht das Risiko, dass sie zur Isolation ganzer Gesellschaften und einer Spirale der Politisierung der Wirtschaft beitragen.

### **Deutschland will als Reaktion auf den russischen Angriff 100 Milliarden in die Bundeswehr investieren. Beginnt Europa nun mehr Verantwortung für seine Verteidigung zu übernehmen?**

Die deutsche Wende hin zu höheren Verteidigungsausgaben könnte zu einer Stärkung der konventionellen militärischen Fähigkeiten Europas und einer gewissen Angleichung der strategischen Kultur unter den EU-Mitgliedstaaten führen. Auf absehbare Zeit hingegen bleibt Europa aber abhängig von den nuklearen Sicherheitsgarantien der USA.

### **Wie wirkt sich der Konflikt auf die Nato aus?**

Putin hat das herbeigeführt, was er verhindern wollte: Der Fokus der Nato ist wieder auf der Bündnisverteidigung, die Solidarität unter den Mitgliedstaaten zumindest kurzfristig besser als seit langem und die militärischen Abschreckungsfähigkeiten in Osteuropa sind robuster denn je. Auch die Koordination mit der EU hat sich verbessert, ebenso die Beziehungen zu Finnland und Schweden. Aller-

Bild: ETH Zürich



**ANDREAS WENGER** ist Professor für schweizerische und internationale Sicherheitspolitik und Direktor des Center for Security Studies an der ETH Zürich.

—> [css.ethz.ch](https://css.ethz.ch)

dings bleibt das politische Gleichgewicht zwischen den politischen und militärischen Funktionen des Bündnisses fragil.

### **Sprechen wir am Ende noch über die Schweiz. Welche längerfristigen Folgen sehen Sie für deren Sicherheits- und Verteidigungspolitik?**

Auch das hängt noch stark vom Verlauf der Krise ab. Für die Schweiz ist entscheidend, wie die Grossmächte auf den Ausgang der Krise reagieren und in welche Richtung sich die europäische Sicherheitsordnung weiterentwickeln wird. So hängt beispielsweise der Spielraum für die künftige Neutralitätspolitik auch davon ab, ob es sich beim sehr weitreichenden Sanktionspaket gegen Russland um einen Einzelfall handelt oder ob damit zu rechnen ist, dass der Rückgriff auf Sanktionen als europäisches Zwangsmittel zum Normalfall wird.

### **In der Schweiz fordern immer mehr Stimmen eine Aufrüstung. Was halten Sie davon?**

Wir müssen vorschnelle Entscheidungen vermeiden und sorgfältig analysieren, mit welchen militärischen Mitteln sich die ukrainischen Streitkräfte gegen einen mechanisierten Gegner mit deutlich überlegener Feuerkraft überraschend lange zu behaupten vermochten. Daraus muss die Schweiz dann die für das Land relevanten Schlüsse ziehen. ○

Dieses Interview entstand am 8. März 2022. Es wird hier in gekürzter Form wiedergegeben. Zur ausführlichen Fassung:

—> [www.ethz.ch/globe](https://www.ethz.ch/globe)

**MANGELNDE TRANSPARENZ** In der Schweiz werden bis zu 25 Prozent der abgegebenen Wahlzettel für ungültig erklärt. Die Verträge zwischen dem Bundesamt für Gesundheit (BAG) und den Impfstoffherstellern sind geheim. Solche Nachrichten unterminieren das Vertrauen in die Demokratie und führen zu berechtigten Fragen: Wurde meine Stimme korrekt gezählt? Wie wird unser Steuergeld ausgegeben? Technologisch ist diese Geheimniskrämerei im Zeitalter von Blockchains nicht zu rechtfertigen. Die Digitalisierung erlaubt einen dringend nötigen Paradigmenwechsel zu transparentem Regieren. Wir forschen daran.  
Roger Wattenhofer, Professor für Computer Engineering and Networks Laboratory → [disco.ethz.ch](http://disco.ethz.ch)



# Virtuelle Welt, reale Gefahr

Die Digitalisierung bietet eine Fülle von neuen Chancen – auch für Kriminelle und verfeindete Staaten. Um sich davor zu schützen, braucht es vielschichtige Massnahmen.

TEXT Felix Würsten

Gezielte Cyberattacken auf Staaten oder Unternehmen, ein kritisches Leck bei der SwissPass-Datenbank der SBB, Datendiebstahl beim Internationalen Roten Kreuz in Genf – solche Beispiele verdeutlichen: Die Risiken im virtuellen Raum sind vielschichtig. Und die Frage, wie man die digitale Welt sicherer gestalten könnte, ist ein gesellschaftlich brisantes Thema, das Forschende an der ETH Zürich beschäftigt – in ganz verschiedener Hinsicht.

Gerade das Internet, das im Alltag scheinbar zuverlässig funktioniert und die Welt in nie dagewesener Weise verbindet, ist heute einer der grössten Risikofaktoren. Kritisch ist nicht nur, dass es böswillige Akteure mit unschuldigen Nutzern verbindet und Konflikte über grosse Distanzen begünstigt; das Netz selbst führt aufgrund seiner veralteten Konstruktion täglich zu gravierenden Problemen.

**SICHER, SPARSAM, SCHNELL** Die vielen Mängel des heutigen Internets sind hinlänglich bekannt. Doch lassen sie sich noch beheben? «Ja», ist Adrian Perrig überzeugt. Der Professor für Netzwerksicherheit hat ein durchdachtes Konzept erarbeitet, wie man das Internet bei laufendem Betrieb konsequent auf Sicherheit ausrichten könnte. «Scalability, control, and isolation on next-generation

networks» nennt sich sein Ansatz, oder eleganter ausgedrückt: «Scion». Kernstück ist die Idee, das Internet in separierte Zonen aufzuteilen und Datenpakete über vordefinierte Bahnen zu verschicken. So lässt sich verhindern, dass Informationen über missliebige Zwischenstationen in falsche Hände gelangen.

Zahlreiche Menschen arbeiten inzwischen daran, Perrigs Konzept in die Realität umzusetzen. Unterstützt wird er unter anderem von seinen Kollegen Peter Müller und David Basin, die als ETH-Professoren mit ihren Gruppen Scion verifizieren und den Programmcode überprüfen. Dabei kann Perrig bemerkenswerte Erfolge vorweisen: So hat die Schweizerische Nationalbank im letzten Herbst zusammen mit der SIX-Gruppe, mit dem ETH Spin-off Anapaya und weiteren Partnern das «Secure Swiss Finance Network» lanciert, das auf der Scion-Technologie basiert. Und das Eidgenössische Departement für auswärtige Angelegenheiten nutzt Scion-Verbindungen, um mit Botschaften zu kommunizieren. →

**FÖRDERPARTNER** Verschiedene Partner unterstützen die Forschung zur Informationssicherheit an der ETH Zürich: Armasuisse, Die Schweizerische Post, NEC, Open Systems, SIX Group, Swisscom, Zurich Insurance Company sowie Zürcher Kantonalbank. Die Werner Siemens-Stiftung ermöglicht zudem den Aufbau eines Zentrums für Digitales Vertrauen, ein Projekt der ETH Zürich und der Universität Bonn.

Scion, so erklärt Perrig, biete nicht nur mehr Sicherheit, sondern sei auch schneller und energieeffizienter. Denn für die Datenübertragung stehen mit dem neuen Ansatz mehr Wege offen als bisher, sodass die Infrastruktur optimaler genutzt wird. Und weil vorbestimmt werden kann, über welchen Pfad Daten übermittelt werden, lässt sich gezielt die Variante mit den geringsten CO<sub>2</sub>-Emissionen wählen.

Sicherer, schneller, umweltfreundlicher – eigentlich sollte eine solche Vision zum Selbstläufer werden. Doch in der Praxis, so musste der Pionier mit Erstaunen realisieren, verläuft die Umsetzung zäher als erwartet. Natürlich haben es völlig neue Ansätze oft schwer, sich zu etablieren; doch in diesem Fall liegt es auch an den vielen wechselseitigen Abhängigkeiten im Markt. Wenn kein Internet-Provider die Scion-Technologie anbietet, gibt es keine Kunden, die sie nutzen. Und deshalb gibt es keinen Bedarf, die Protokolle zu standardisieren. Und das wiederum lässt die Provider zögern, in diese Technologie zu investieren.

Doch Perrigs Beharrlichkeit zeigt nun Wirkung. Inzwischen bieten mehrere Anbieter einen Scion Internet Service an, unter anderem auch die Schweizer Telekom-Firmen Swisscom, Sunrise, und Switch. Auch in anderen Ländern beginnen sich Anbieter für den neuen Ansatz zu interessieren. Perrig ist zuversichtlich: «Scion ist die erste Inter-Domain-Routing-Infrastruktur, die seit dem Border Gateway Protocol vor über 30 Jahren in der Praxis eingesetzt wird.» Dass es mittelfristig eine neue Internet-Architektur braucht, steht für ihn ausser Frage. «Das heutige Internet ist einfach viel zu unsicher und ineffizient, wenn man bedenkt, welche kritischen Systeme davon abhängen.»

**KLEIN UND FRAGIL** Doch nicht nur die Vernetzung der Computer führt zu Risiken, auch in den Computern selbst schlummern gefährliche Schwachstellen. Die Chips werden immer komplexer und die Transistoren und Kondensatoren auf ihnen immer kleiner, so dass sie anfälliger für spezielle Angriffe werden. Mit sogenannten Seitenkanal- und Rowhammer-Attacks ist es zum Beispiel möglich, die Integrität von Daten in dynamischen Datenspeichern von Computern, Tablets und Smartphones zu kompromittieren. Das Angriffsprinzip ist zwar bereits seit längerem bekannt. Doch die bisherigen Gegenmassnahmen der Chip-Hersteller bieten noch keinen ausreichenden Schutz, wie Kaveh Razavi, Assistenzprofessor für Systemicherheit, kürzlich zeigen konnte.

Brisant ist dies, weil Schwachstellen in der Hardware viel schwieriger zu beheben sind als Software-Fehler. Im Moment sind solche Attacken zwar noch kein grosses Problem, weil es für Angreifer einfachere Wege gibt, sich in fremde Computer einzuschleusen. Doch je besser der Schutzwall wird, desto attraktiver werden sie.

## «Wer welche Zugriffsrechte hat, ist eine politische Frage, die wir Ingenieure nicht beantworten können.»

Kaveh Razavi

In seiner Forschung untersucht Razavi die Sicherheit des gesamten Rechnersystems unter Berücksichtigung von Software und Hardware. Für seine Projekte arbeitet er mit diversen grossen Chip-Herstellern zusammen. «Bei gewissen Projekten gehen wir tief in das System hinein und entwickeln neue Ansätze für das Chipsdesign. Bei anderen Projekten untersuchen wir, wie sich Programme auf die Hardware auswirken.»

Grundsätzlich wollen zwar alle Beteiligten mehr Sicherheit. Dennoch stellt dieses Ziel die Computerhersteller vor ein Dilemma. Denn nur wenige Konsumentinnen und Konsumenten sind bereit, für etwas zusätzliche Sicherheit mehr zu bezahlen oder auf Leistung zu verzichten. Auch Razavi steht vor einem Dilemma: Als Wissenschaftler möchte er neue Erkenntnisse möglichst schnell publizieren. Gleichzeitig haben die Industriepartner daran wenig Interesse. «Wir halten uns an das Prinzip der verantwortungsvollen Offenlegung», erklärt er. «Bevor wir etwas veröffentlichen, geben wir den Firmen Zeit, Gegenmassnahmen zu ergreifen.» Zudem holt sich Razavi Rückendeckung bei den Bundesbehörden. Die erwähnte Schwachstelle in den dynamischen Speichern hat er zusammen mit dem Nationalen Zentrum für Cybersicherheit veröffentlicht, das seit letztem September als Zulassungsbehörde kritische Schwachstellen registrieren lassen kann.

Doch technische Massnahmen alleine reichen nicht aus, um die digitale Welt sicherer zu machen, hält Razavi fest. «Es braucht auch Anstrengungen auf der politischen Ebene. Wie wir beispielsweise Daten austauschen und wer welche Zugriffsrechte hat, ist eine politische Frage, die wir Ingenieure nicht beantworten können.»

**NEUTRAL UND TRANSPARENT** Mit der politischen Ebene befasst sich Jakob Bund, Projektleiter für Cyberdefense im Risk and Resilience Team am Center for Security Studies der ETH Zürich. Er untersucht in diesem Projekt, wie sich Staaten und Organi-

sationen gegen Risiken im Cyberraum schützen. «Wir vermitteln den politischen Entscheidungsträgern wissenschaftlich fundierte Grundlagen zu diesem Thema», erklärt er. Jakob Bund steht dazu regelmässig mit dem Verteidigungsdepartement und der Führungsunterstützungsbasis der Armee im Austausch, die bis 2024 in das Schweizer Kommando Cyber weiterentwickelt wird.

Als Politikwissenschaftler geht es ihm darum, die technologischen Risiken in den politischen Kontext einzuordnen. «Wir haben die Effekte im Blick», erklärt Bund. «Wie werden Technologien eingesetzt? Was kann man mit ihnen erreichen? Worin unterscheiden sie sich von konventionellen Mitteln?» Staaten tragen ihre Konflikte heute auf ganz verschiedenen Ebenen im virtuellen Raum aus. Sie verbreiten falsche Informationen in sozialen Netzwerken, beschaffen sich über Cyberspionage geheime Informationen oder beschädigen beim Gegner gezielt kritische Infrastrukturen. Um die einzelnen Vorgänge richtig zu verstehen, müsse man

## «Wir haben einen weltumspannenden virtuellen Raum, in dem es zahlreiche Konfliktlinien gibt.»

Jakob Bund

immer die strategische Ebene im Blick behalten, meint Bund: Was wollen die Akteure erreichen? Worauf zielen ihre Aktivitäten ab?

Inzwischen gibt es in Fachkreisen eine rege Diskussion darüber, wie man im virtuellen Raum Regeln für Staaten etablieren könnte. «Das ist ein anspruchsvoller Prozess», meint Bund. «Man muss nicht nur definieren, was verantwortungsvolles Verhalten im virtuellen Raum für einen Staat konkret bedeutet, sondern man muss sich auch überlegen, wie man diese Normen später durchsetzen will.»

Wie raffiniert Staaten im virtuellen Raum gegeneinander vorgehen, verdeutlichte exemplarisch die Aufarbeitung der US-Wahlen im Jahr 2016. «Dass die Zentralen der beiden Parteien ausspioniert wurden, war an sich nicht überraschend», meint Bund. «Doch wie die gewonnenen Informatio-

nen für Wahlkampfzwecke eingesetzt wurden, war in dieser Form neu.» Das Beispiel zeigt, dass Staaten heute über völlig neue Möglichkeiten verfügen, sich in die Vorgänge in einem anderen Land einzumischen. In Europa werde das Thema tendenziell noch unterschätzt, findet Bund. «Das liegt vermutlich daran, dass hier die Einflussnahme anspruchsvoller ist, weil es ein breiteres Spektrum an Parteien gibt.»

Ein für die Schweiz interessanter Aspekt ist das Neutralitätsrecht. Dieses wurde mit dem Aufkommen neuer Technologien – etwa Telegrafie oder Rundfunk – immer wieder angepasst. Nun stellt sich die Frage, inwieweit der Neutralitätsbegriff auf den Cyberraum ausgedehnt werden kann. «Wir haben einen weltumspannenden virtuellen Raum, in dem es zahlreiche Konfliktlinien gibt», stellt Bund fest. «Doch dieser virtuelle Raum ist an Infrastrukturen in der realen Welt gebunden. Unter welchen Umständen diese digitalen Verflechtungen auch entfernte unbeteiligte Staaten einbeziehen könnten, muss sich auch die Schweiz überlegen.»

Bedeutsam ist diese Diskussion für die Schweiz noch aus einem anderen Grund: Inwieweit hat sie eine Schutzverantwortung für die hier ansässigen internationalen Organisationen? «Für die Cyberspionage sind diese Organisationen ein attraktives Ziel», erklärt Bund. «Und damit gelangt auch die Schweiz schneller ins Visier solcher Aktivitäten.» Deshalb sei es wichtig zu erfahren, wie sich andere Länder vor Cyberrisiken schützen. «Als unabhängige Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler können wir zu diesem Wissensaustausch einen wichtigen Beitrag leisten.» ○

**ADRIAN PERRIG**, Professor für Netzwerksicherheit am Departement Informatik  
—> [netsec.ethz.ch](http://netsec.ethz.ch)

**KAVEH RAZAVI**, Assistenzprofessor für Systemsicherheit am Departement Informationstechnologie und Elektrotechnik  
—> [comsec.ethz.ch](http://comsec.ethz.ch)

**JAKOB BUND**, Projektleiter Cyberdefense am Center for Security Studies  
—> [css.ethz.ch](http://css.ethz.ch)



**EISENMANGEL UND IMMUNSYSTEM** Mehr als die Hälfte der Kinder in Entwicklungsländern leidet an Blutarmut aufgrund von Eisenmangel. Kinderimpfungen wirken weniger gut in Entwicklungsländern, die Gründe dafür sind unklar. Kürzlich publizierte Studien zeigten, dass weisse Blutzellen nach einer Impfung viel Eisen benötigen, um Antikörper zu produzieren. Darum haben Kinder mit Eisenmangel weniger Antikörper oder Antikörper mit einer verminderten Qualität und damit ein erhöhtes Risiko, nach der Impfung nicht genügend geschützt zu sein. Die Verabreichung von Eisen verbessert die Wirkung von Impfungen gegen Kinderkrankheiten.  
Dr. Nicole Stoffel, Professur für Humanernährung → [humannutrition.ethz.ch](http://humannutrition.ethz.ch)



Christine Eriksen lebte und forschte 13 Jahre lang in Australien, bevor sie im August 2020 ihre Stelle an der ETH Zürich antrat. «Mit ein Grund für meinen Umzug in die Schweiz waren die Buschbrände», erzählt sie. Während des «Black Summer» zwischen Juni 2019 und Mai 2020 brannten in Australien mehr als 18 Millionen Hektaren Fläche, die Schäden wurden auf 70 Milliarden Schweizer Franken geschätzt. Damals lebte Eriksen in Wollongong, 90 Kilometer südlich von Sydney. Während Monaten brannte das Hinterland und der Rauch zog in die tiefer gelegenen Städte an der Küste. «Ich bin in der Nacht oft erschrocken aufgewacht und habe nach Luft gerungen, weil das Zimmer voller Rauch stand», erzählt Eriksen. «Dies, obschon ich 60 Kilometer vom nächsten Brandherd entfernt lebte.» Millionen waren chronischem Rauch ausgesetzt, und Eriksen verlor die Möglichkeit, in ihrer Freizeit

etwas Abstand zu gewinnen von ihrem Forschungsthema: den gesellschaftlichen Konsequenzen von Naturkatastrophen.

**RISKANTE STADT-WALD-SCHNITTSTELLEN** Die Humangeografin interessiert sich seit ihrer Doktorarbeit für Waldbrände. In ihrer Forschung untersucht sie, welche Herausforderungen sich Menschen beim Wiederaufbau nach Waldbränden stellen, welche Rolle soziale und kulturelle Normen bezüglich der Resilienz gegenüber Katastrophen spielen und wie politische Entscheide Risiken in bestimmten Kontexten erhöhen. Eriksen betrieb während Jahren Feldforschung in feuergefährdeten Gebieten in Südaustralien und Kalifornien, führte Interviews mit Bewohnerinnen und Bewohnern, mit Behörden und Feuerwehrleuten und beobachtete die sozioökonomischen Veränderungen über die Zeit. —>

# Die soziale Seite der Naturkatastrophen

Die Humangeografin Christine Eriksen und der Physiker David Bresch forschen mit unterschiedlichen Methoden zu Wetter- und Klimarisiken. Beide sind überzeugt: Gesellschaftliche Entscheidungen sind für das Ausmass von Katastrophen oft wichtiger als die Naturgefahren selbst.

Auf der Suche nach wohlthuender Natur und einer besseren Work-Life-Balance waren zunehmend Menschen in die Nähe der Wälder gezogen. «Das Katastrophenrisiko bei Waldbränden ist durch wachsende Stadt-Wald-Schnittstellen stark gestiegen», sagt Eriksen. «Solche Phänomene beobachten wir an vielen Orten auf der Welt, auch in Kalifornien und im Mittelmeerraum.»

Die Häufigkeit grosser Waldbrände hat mit Hitzewellen und trockenen Sommern infolge der Klimakrise weltweit zugenommen. «Als ich Anfang der 2000er Jahre mit meiner Forschung begann, traten grosse Feuer in Australien alle fünf bis zehn Jahre auf. Heute kommen sie alle zwei bis drei Jahre vor», erzählt Eriksen. Trotzdem schaudert es die Sozialwissenschaftlerin jedes Mal, wenn sie den Begriff «Naturkatastrophe» hört. «Katastrophen sind nicht «natürlich». Es sind vor allem soziale und kulturelle Prozesse, die zu erhöhten Risiken führen.» Sie nennt ein Beispiel: «Indigene in Australien und Nordamerika sahen regelmässige Waldbrände

als notwendig für die Regeneration der Natur an. Erst die Siedler aus Europa versuchten, Waldbrände um jeden Preis zu vermeiden.» Die Folge: In den Wäldern lagen Kubiktonnen von gut brennbarem Material, die sich mit den zunehmenden Hitzewellen öfter entzündeten.

Naturkatastrophen werfen gleichzeitig ein Schlaglicht auf soziale Machtverhältnisse und Ungleichheiten. Eriksen hat Berichte zu den gesellschaftlichen Auswirkungen des tropischen Wirbelsturms Katrina von 2005 in New Orleans ausgewertet. Geschätzte 80 Prozent der Stadt standen damals unter Wasser, manche Gebiete bis zu vier Meter hoch. Mehr als eine Million Menschen mussten ihr Zuhause verlassen und circa 1500 starben. Vor allem Menschen aus ärmeren Haushalten blieben trotz Warnungen und selbst nach den ersten Fluten noch in der Stadt. Für sie war es viel schwieriger zu fliehen, auch weil sie weniger Zugang zu privaten oder öffentlichen Verkehrsmitteln hatten. Von den rund 30 Prozent der Haushalte, die kein eigenes Fahrzeug besaßen, waren die meisten afroamerikanische Familien mit geringem Einkommen. Gleichzeitig lebten sie oft in tiefer gelegenen Gebieten, die gegenüber Wirbelstürmen besonders exponiert waren und wo das Versagen der Flutwehre die verheerendsten Folgen hatte. «Klasse, ethnische Zugehörigkeit, Geschlecht, sexuelle Ausrichtung, körperliche Einschränkungen, Ausbildung und Religion waren wichtige Faktoren, die darüber bestimmten, wie verletzlich jemand gegenüber Katrina war», sagt Eriksen.

**SIMULATIONEN HELFEN ENTSCHIEDEN** David Bresch beschäftigt sich in seiner Forschung ebenfalls mit Naturkatastrophen. Doch anders als Eriksen reduziert er soziale Komplexität bewusst, um mit mathematischen Modellen Risiko einschätzungen zu erstellen. An seiner Professur für Wetter- und Klimarisiken will er mathematische Möglichkeiten und die praktischen Bedürfnisse von Unternehmen, Behörden und Stadtverwaltungen zusammenbringen, damit sich diese besser auf die steigenden Wetter- und Klimarisiken vorbereiten können. Nebst dem Dialog mit Anspruchsgruppen gehört «CLIMADA» zu den wichtigsten Instrumenten seiner Forschung, eine ereignisbasierte Simulationsplattform zu sozioökonomischen Auswirkungen



#### ZUVIEL VERTRAUEN IN WISSENSCHAFT

Risikobeurteilungen und Entscheidungen unter unsicheren Bedingungen sollten sich an wissenschaftlichen Erkenntnissen orientieren. Eine grosse Gefahr ist jedoch das Überschätzen von wissenschaftlichen Erkenntnissen. Mit dem Klimawandel könnten Katastrophenszenarien Wirklichkeit werden, die in der Wissenschaft bisher niemand erwartet oder nur eine Minderheit in Betracht zieht. Wir erforschen optimale Entscheidungsfindung in Fällen, in denen Fachleute widersprüchliche Informationen liefern, und hinterfragen die Rolle von Fachleuten dabei. Daneben betonen wir die Bedeutung von Forschungseinrichtungen, die die Entwicklung origineller und womöglich disruptiver Erkenntnisse unterstützen.

Antoine Bommier, Professor für Integratives Risikomanagement und Ökonomie  
→ [irme.ethz.ch](http://irme.ethz.ch)

von Wetter- und Klimaereignissen. Entscheidungsträger können damit Handlungsoptionen abwägen und eine Kosten-Nutzen-Analyse für Massnahmen zur Risikoreduktion erstellen.

Während des Zoom-Calls teilt der Forscher seinen Bildschirm und lässt ein globales Modell laufen, das mit CLIMADA berechnet wurde. Auf einer stilisierten Weltkugel tauchen feine Striche und kleine Kreise auf, die sich von den Ozeanen in Richtung Land bewegen. Das Modell stellt sämtliche tropischen Zyklone und deren Routen zwischen 1987 und 2016 dar. Überall, wo ein Zyklon auf Land trifft, leuchtet es je nach Schäden an Gebäuden, Infrastruktur und Personen gelb, grün oder blau. Besonders hell erleuchtet: Küstenabschnitte vor Japan, den Philippinen, Südchina und Vietnam. Mittlerweile gibt es solche CLIMADA-Modelle für Zyklone, Hitzewellen und Dürren, Überschwemmungen und Waldbrände weltweit. Damit können Auswirkungen nicht nur historisch, sondern auch probabilistisch berechnet werden, also für Wetterextreme, die gar noch nicht stattgefunden haben, aber physikalisch plausibel sind. Auf vier Kilometer genau lassen sich so die Auswirkungen von Ereignissen abschätzen.

**VERTRAUEN AUFBAUEN** Aktuell berät Bresch mit Unterstützung der Asian Development Bank und der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) die vietnamesische Stadt Hue, die an der Küste des Südchinesischen Meeres liegt und tropischen Zyklonen gegenüber stark exponiert ist. Nach unzähligen Zoom-Calls mit den Beteiligten und zweijährigem Vertrauensaufbau hat Breschs Gruppe die zukünftigen Klimarisiken simuliert, evaluiert, Szenarien entworfen und Handlungsoptionen vorgeschlagen. Unter anderem eine Wirkungswarnung, bei der die Behörden anstelle von meteorologischen Parametern – zum Beispiel hohen Windgeschwindigkeiten – mit konkreten Handlungsoptionen versorgt werden, also wann, wo und wie viele Menschen in den kommenden Tagen evakuiert werden müssten.

CLIMADA ist eine Open-Source-Software und frei nutzbar. Lokale Behörden weltweit können die Wetter-Risikomodelle für ihre Region jederzeit laufen lassen und diese an eigene Bedürfnisse anpassen. «Dafür braucht es nicht mehr als einen Laptop und etwas Grundkenntnisse in der Programmiersprache Python», sagt Bresch. Tutorials findet man auf der Website seiner Gruppe. Leider würden diese noch viel zu wenig genutzt. «Die Hürden sind nicht technisch, sondern vor allem im Kopf.» Um praktische Erfahrungen in der Klimarisikoadaptation in unterschiedlichen Weltgegenden auszutauschen, hat er 2009 das Netzwerk «Economics of Climate Adaptation» (ECA) mitgegründet. Auf der Website sind Beispiele dokumentiert, wie

Behörden durch die Nutzung von CLIMADA Strategien gegen Wetter- und Klimarisiken erarbeiten konnten. Zum Beispiel die Stadt New York infolge des zerstörerischen Hurrikans Sandy. Mit Blick auf über 30 Fallstudien sagt Bresch heute: «Der grösste Risikofaktor für Katastrophen ist die gesellschaftliche Entwicklung.» So erhöhe die Zunahme von Bautätigkeiten in einem bestimmten Gebiet das Risiko einer Katastrophe durch Überschwemmungen oft weit stärker als die Zunahme der Wetterextreme selbst.

**TRANSDISZIPLINÄR GEGEN HAGEL** Weil die sozioökonomischen Dimensionen von Katastrophen derart wichtig sind, arbeitet Bresch oft mit Experten und Expertinnen aus anderen Disziplinen zusammen. Zum Beispiel mit Computerwissenschaftlern, Klimaphysikerinnen, Agronomen, Meteorologen und Ökonominen für die Modellierung des Hagelrisikos für die Schweiz unter veränderten Klimabedingungen. Hagel ist für rund 50 Prozent der Gebäudeschäden in der Schweiz verantwortlich und birgt auch für die Landwirtschaft hohe Risiken. Deshalb sind Anspruchsgruppen aus der Praxis von Beginn weg involviert, darunter Gebäudeversicherer, das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Agroscope. Christine Eriksen forscht ebenfalls meist transdisziplinär: «Unser Wissen zu sozioökonomischen Fragestellungen in bestimmten Risikokontexten wird umfassender, wenn wir es mit Erkenntnissen aus den Naturwissenschaften kombinieren», sagt die ETH-Forscherin. «Hingegen zeigen uns mathematische Modelle allein nur Muster von Naturgefahren. Sie sagen aber nicht viel darüber aus, wie die Menschen an einem bestimmten Ort tatsächlich davon betroffen sind.» ○

**CHRISTINE ERIKSEN** ist seit 2020 Senior Researcher im «Risk and Resilience»-Team am Center for Security Studies (CSS) der ETH Zürich. Zuvor arbeitete sie an der University of Wollongong in Australien und hat zahlreiche Fallstudien zu den sozialen Dimensionen von Katastrophen in Australien, den USA, Europa und Afrika erarbeitet.  
—> [css.ethz.ch](http://css.ethz.ch)

**DAVID BRESCH** ist seit 2016 Professor für Wetter- und Klimarisiken am Departement Umweltsystemwissenschaften und bei MeteoSchweiz. Davor war er in unterschiedlichen Positionen für den Rückversicherer Swiss Re tätig, unter anderem als Modellierer für Naturkatastrophenrisiken.  
—> [wcr.ethz.ch](http://wcr.ethz.ch)

# Wie sicher ist unser Geld?

Der Krieg in der Ukraine verstärkt eine bereits hohe Inflation. Ein temporärer Schock oder der Beginn einer neuen Normalität?

TEXT Christoph Elhardt

Ob als Banknote oder Münze, als Guthaben auf dem Konto oder als digitales Zahlungsmittel auf Karten oder Smartphones: Geld ist ein ständiger Begleiter unseres Alltags. Ganz selbstverständlich gehen wir davon aus, dass wir heute damit ähnlich viel kaufen können wie in drei Monaten oder zwei Jahren. Das war nicht immer so: «Ein Blick in die Geschichtsbücher zeigt, dass hohe Inflation nicht nur grossen wirtschaftlichen Schaden anrichtet, sondern auch ein enormes soziales und politisches Zerstörungspotenzial birgt», sagt Hans Gersbach. Gersbach ist Professor für Makroökonomie, Innovation und Politik an der ETH Zürich und gehört dem wissenschaftlichen Beirat des deutschen Wirtschaftsministeriums an.

Erstmals seit den 1980er Jahren sind westliche Industriestaaten wieder mit höheren Inflationsraten konfrontiert. Der Krieg in der Ukraine und seine Folgen dürften der Teuerung nun weiter Auftrieb verleihen. Im Euroraum liegt diese aktuell (Stand März 2022) bei 5,1 Prozent, mehr als drei Prozentpunkte über dem Richtwert von 2 Prozent. In den USA liegt sie gar bei 7,2 Prozent. Nur in der Schweiz stiegen die Preise in letzter Zeit im Vergleich zum Vorjahr um lediglich 2,2 Prozent. Wie sicher ist unser Geld angesichts dieser einschneidenden Entwicklungen? Handelt es sich bei dem

Dieser Text spiegelt den Stand des Wissens der ersten Märzwoche wider.

Preisanstieg um einen temporären Schock, der durch die russische Invasion zusätzlich verschärft wird, oder müssen wir längerfristig mit höheren Inflationsraten rechnen? Und wie können wir uns vor diesem Risiko schützen?

**TEMPORÄR ODER DAUERHAFT?** Wenn es um die Inflation geht, hat der Konjunkturforscher Jan-Egbert Sturm vor allem kurz- bis mittelfristige Veränderungen bei Preisen, Löhnen und Zinsen im Blick. Der ETH-Professor leitet die Konjunkturforschungsstelle (KOF) der ETH Zürich. Die Prognosen seines Instituts haben Gewicht. Sturm tauscht sich regelmässig mit Mitgliedern des Bundesrats und der Schweizerischen Nationalbank (SNB) aus.

Sturm ist ein empirischer Ökonom. Antworten findet er nicht nur in abstrakten theoretischen Modellen, sondern vor allem in Zeitreihen, Indizes und Statistiken. «Die Inflation wird grundsätzlich durch die rasche wirtschaftliche Erholung nach den Lockdowns im vergangenen Jahr und die damit einhergehenden Lieferschwierigkeiten getrieben», so der Volkswirt. Unternehmen haben aus dem Schock der Pandemie im Frühling 2020 gelernt, dass ihre Produktion ohne gewisse Reserven an wichtigen Gütern schnell ins Stocken gerät. «Auch weil nun viele Unternehmen gleichzeitig versuchen, ihre Vorräte aufzustocken», so Sturm, «führt dies zu Lieferengpässen und Preissteigerungen, die sich aber wieder abschwächen sollten, wenn die Lager gefüllt sind.»

Darüber hinaus nehmen Sturm und seine Mitarbeitenden den Warenkorb unter die Lupe, mit dem die Teuerung gemessen wird. Dieser bildet die Preisentwicklung bei alltäglichen Gütern und Dienstleistungen ab. Dabei fällt auf, dass ein grosser Teil der Teuerung auf höhere Preise für Energie und Rohstoffe sowie für Güter zurückzuführen ist, die während der Pandemie besonders gefragt sind. «Menschen waren zwar bereit, für Computer und Fernseher mehr Geld auszugeben, doch dabei handelte es sich eher um einmalige Effekte, die sich mittelfristig normalisieren sollten», so der Ökonom.

Unter normalen politischen Umständen würde dies dafür sprechen, dass die höhere Teuerung eher temporär ist. Doch der russische Angriff auf die Ukraine und die damit einhergehenden Sanktio-

nen gegen Russland wirken sich auch auf die Inflation aus: «Da Russland einer der weltgrössten Öl- und Gaslieferanten ist, sind die Energiepreise weiter gestiegen», sagt Sturm. Dazu komme, dass Russland und die Ukraine zu den grössten Weizenexporteuren zählen. Nach dem Kriegsausbruch ist nicht nur der Preis für Weizen, sondern auch für andere Getreidearten wie Mais und Soja durch die Decke gegangen. Wie rasch und wie stark sich dies auf Lebensmittelpreise auswirkt, so Sturm, sei aktuell noch schwer einzuschätzen. Doch sicher sei, dass höhere Öl- und Gaspreise die Inflation vorerst einen Aufwärtsdruck verleihen.

**EIN ZEICHEN FÜR UNSICHERHEIT** Doch auf welchem Niveau sich die Inflation längerfristig einpendelt, hängt nicht nur von der Entwicklung der Preise, sondern auch von den Inflationserwartungen ab. «Wenn immer mehr Menschen damit rechnen, dass alles teurer wird, fordern sie irgendwann auch höhere Löhne, was sich wiederum auf die Preise niederschlägt», erklärt Gersbach.

Um Inflationserwartungen zu messen, werden professionelle Analysten, Unternehmen und Konsumenten zur zukünftigen Teuerung befragt. Auch die KOF veröffentlicht solche Umfragen. Zudem können die Erwartungen von Finanzmarktakteuren auch aus gewissen Transaktionen abgeleitet werden. Für Gersbach zeichnen diese Daten ein immer deutlicheres Bild: «Während die Erwartungen auf den Finanzmärkten lange relativ tief und stabil waren, sehen wir bei den Umfragen schon länger eine deutliche Erhöhung der durchschnittlichen Inflationserwartungen und ihrer Streuung.» Zudem gehen in vielen europäischen Ländern, die meisten Bürger von steigenden Inflationsraten aus. Die jüngsten Kriegereignisse werden diese Tendenz verstärken. Ob sich diese pessimistischen Erwartungen weiter verfestigen, hängt Gersbach und Sturm zufolge massgeblich von der Geldpolitik der Zentralbanken ab. Als Reaktion auf die hohen Inflationsraten der 1970er und 1980er Jahre sind die meisten Zentralbanken in Industrieländern heute relativ unabhängig von der Politik und dem Ziel der Preisstabilität verpflichtet. «Man hat aus vergangenen Krisen gelernt», so ETH-Ökonom Gersbach, «dass man die Stabilität einer Währung besser unabhängigen Experten anvertraut.»

Sollten sich die höhere Inflation verfestigen und die Inflationserwartungen weiter nach oben bewegen, müssten die Zentralbanken ihre Zinsen →

erhöhen und ihre grosszügigen Kaufprogramme und Interventionen auf den Finanzmärkten reduzieren. Beide Ökonomen sehen darin – vor allem für den Euroraum – erhebliche Risiken: «Eine zu frühe Erhöhung der Zinsen würde die sich zaghaft erholende Konjunktur wieder drücken. Zudem könnten Staaten mit einer hohen Verschuldung wohl in Refinanzierungsschwierigkeiten geraten», so Sturm. Zudem wären auch auf den Finanzmärkten starke Verwerfungen nicht ausgeschlossen.

Der Krieg in der Ukraine und seine wirtschaftlichen Folgen verschärfen das Dilemma der Notenbanken zusätzlich: «Der sich abzeichnende Rückgang des Wirtschaftswachstums könnte sie dazu bewegen, die Zinsen nicht wie geplant anzuheben, was die Inflation weiter anfeuern würde.» erklärt KOF-Direktor Sturm. Im schlimmsten Fall drohe gar ein seit den 1970er Jahren nicht mehr beobachtetes wirtschaftliches Phänomen, die Stagflation. Dabei treffen hohe Inflationsraten auf rückläufige Wachstumsraten und steigende Arbeitslosenzahlen. Wie stark sich die wirtschaftliche Lage tatsächlich trübt und auf welchem Niveau sich die Energiepreise einpendeln, hängt davon ab, wie sich der Konflikt weiter entwickelt.

Bis anhin haben lediglich die britische und die amerikanische Notenbank signalisiert, dass sie dazu bereit wären, für eine niedrigere Inflationsrate auch weniger Wachstum und mehr Volatilität auf den Finanzmärkten in Kauf zu nehmen. Die Europäische Zentralbank (EZB) hingegen agiert bisher eher zurückhaltend. Sowohl für Gersbach als auch für Sturm hat das vor allem damit zu tun, dass die EZB Geldpolitik für den gesamten Euroraum macht und damit auf die wirtschaftliche Lage in 19 Staaten Rücksicht nimmt. Sollte sich die höhere Inflation aber als hartnäckig erweisen, so Gersbach, muss auch die EZB die Zinsen anheben, um den Wert des Geldes zu schützen.

Im Vergleich zur EZB hat es die SNB etwas leichter. Sie ist verantwortlich für eine der stabilsten und ältesten Währungen weltweit. «Schweizer Unternehmen und Konsumenten gehen davon aus, dass es praktisch keine Teuerung gibt», meint Sturm. Auch der Wechselkurs erklärt die vergleichsweise geringe Inflation in der Schweiz laut Sturm: «Der starke Franken macht importierte Güter billiger und dämpft so die Teuerung. Werden ausländische Güter teurer, kann die SNB eine leichte Aufwertung tolerieren und somit der Inflation entgegenwirken.» Zudem hängt die Schweizer

Wirtschaft nicht stark von der Schwerindustrie ab. Höhere Öl- und Gaspreise wirken sich daher in einem geringeren Ausmass auf den Preis von Industriegütern aus.

**EIN NEUES GELDSYSTEM** «Doch auf lange Sicht ist auch die Schweizer Geldpolitik mit einer grossen Unbekannten konfrontiert», erklärt Gersbach. Im Zuge der Finanzkrise von 2008 sei ein neues Geldsystem entstanden. «Vor der Finanzkrise hielten Geschäftsbanken bei ihrer Zentralbank lediglich kleine Reservepolster. Um aber die Bankensysteme und damit die Wirtschaft zu stabilisieren, haben Zentralbanken im grossen Stil Wertpapiere von Geschäftsbanken oder fremde Währungen, wie im Fall der Schweiz, gekauft. Dadurch sind die Reserven der Geschäftsbanken bei Zentralbanken in den letzten 14 Jahren sehr stark gestiegen.» Mit diesen Reserven könnten die Banken Kreditvergaben oder Wertpapierkäufe stark ausweiten und damit neue Bankeinlagen und somit Geld schaffen, ohne dabei in Liquiditätsschwierigkeiten zu geraten. In welchem Ausmass dies passiert und ob das neu geschaffene Geld zu höherer Inflation oder gar zu Finanzkrisen führt, werde, so der ETH-Ökonom, kontrovers diskutiert. Geld bleibt ein Risiko. ○

**HANS GERSBACH** ist Professor für Makroökonomie, Innovation und Politik an der ETH Zürich und Gründungsmitglied des ETH Risk Center.  
—> [mip.ethz.ch](http://mip.ethz.ch)

**JAN-EGBERT STURM** ist Professor für angewandte Wirtschaftsforschung und Direktor der KOF Konjunkturforschungsstelle der ETH Zürich.  
—> [kof.ethz.ch](http://kof.ethz.ch)

**ETH RISK CENTER** Das ETH Risk Center umfasst 21 Professuren aus neun verschiedenen Departementen. Indem es fragmentierte Forschung überwindet, kann es dem systemischen Charakter von Risiken gerecht werden. Im Mittelpunkt stehen dabei Konzepte des integrierten Risikomanagements und der Resilienz. Das Center versteht sich auch als Drehscheibe zwischen Wissenschaft, Industrie und Behörden. Das ETH Risk Center wurde gefördert durch Donationen von Alpiq, AXA Research Fund, Axpo, BKW, CKW, Credit Suisse, Swiss Re sowie Zurich Insurance Company an die ETH Foundation.  
—> [riskcenter.ethz.ch](http://riskcenter.ethz.ch)



**ÜBERSCHÄTZTE RESILIENZ** Resilienz beschreibt die Fähigkeit von Systemen, interne und externe Schocks zu bewältigen. Beispiele sind etwa ein erdbebensicheres Gebäude oder ein gesundes Immunsystem. Aber wie bestimmt man die Resilienz von sozioökonomischen Systemen, beispielsweise von Unternehmen und Organisationen? Wir entwickeln Modelle und datenbasierte Indikatoren für solche Systeme. Sie zeigen, wann dynamische Anpassung auf Kosten der internen Stabilität erfolgt und statt der erhofften Verbesserung der Zusammenbruch droht. Damit werden die unbeabsichtigten Konsequenzen von Entscheidungen fassbar.  
Frank Schweitzer, Professor für Systemgestaltung → [www.sg.ethz.ch](http://www.sg.ethz.ch)

# COMMUNITY



Mit künstlichen Riffen setzt sich rreefs gegen das Korallensterben ein.

Bild: Leila Tazi

## Im Kampf gegen den Klimawandel und die Pandemie

25 Neugründungen und rund 390 Millionen Franken eingeworbenes Kapital: So lautet die Spin-off-Bilanz im Jahr 2021. Stark vertreten sind die neuen Spin-offs in der medizinischen Diagnostik. Hemetron beispielsweise hat ein handliches Gerät für Bluttests entwickelt, das schnell und zuverlässig Herzinfarkte voraussagen oder eine Covid-19-Erkrankung erkennen kann. Unter anderem auf das Pandemievirus zielt auch das Spin-off Diaxxo ab: Es bietet einen zuverlässigen PCR-Test, der das Ergebnis bereits innerhalb von zehn Minuten anzeigt. In einem ganz anderen Bereich der Medizin arbeitet CustomSurg. Das ETH-Spin-off setzt auf 3D-gedruckte, massgeschneiderte Knochenplatten, die Knochenbruchpatienten und Chirurgen gleichermaßen das Leben erleichtern.

Andere Spin-offs treten dem Klimawandel mit modernen Methoden entgegen. So hat sich etwa das Spin-off rreefs dem Bau von künstlichen

Korallenriffen verschrieben – das erste «Pilot-Riff» aus dem 3D-Drucker bietet seit einigen Monaten vor einer Karibikinsel ein neues Zuhause für Meeresbewohner. Restor Eco nutzt dagegen die Macht der Daten, um Aufforstungsprojekte voranzutreiben und global zu vernetzen. Die Gründer von SmartBreed haben ihrerseits die Zucht von Futterinsekten automatisiert, um die Tierhaltung ökologisch wie ökonomisch zu verbessern.

Mit sechs Spin-offs, die von Frauen gegründet wurden, war der Anteil an Gründerinnen im Vergleich zu den Vorjahren auffallend hoch. «Es geht in die richtige Richtung», sagt Vanessa Wood, Vizepräsidentin Wissenstransfer und Wirtschaftsbeziehungen: «Ich freue mich sehr, dass immer mehr Frauen den Schritt ins Unternehmertum wagen. Davon profitiert die gesamte Schweizer Wirtschaft.» Von zwei ETH-Abgängerinnen wurde zum



Beispiel DigitSoil gegründet. Ihre Idee wurde dank einem Pioneer Fellowship von der ETH gezielt bei der Umsetzung unterstützt.

Während neue Spin-offs Akzente setzen, haben auch die schon länger bestehenden im vergangenen Jahr viel bewegt. Zwei Spin-offs im Bereich der Klimatechnologie konnten weiter expandieren: Synhelion hat in Deutschland eine Testanlage zur industriellen Herstellung von Solartreibstoffen und Climeworks in Island die bisher grösste Anlage zur Abscheidung von CO<sub>2</sub> aus der Luft gebaut. Die erfolgreichste Finanzierungsrunde konnte Bright Peak Therapeutics verzeichnen: Die Firma erhielt für die Weiterentwicklung ihrer neuartigen Immuntherapie über 96 Millionen Franken. Insgesamt konnten ETH-Spin-offs über 390 Millionen Franken Kapital einwerben. ○

## Wiederwahl von Joël Mesot als ETH-Präsident

Auf Antrag des ETH-Rats hat der Bundesrat Joël Mesot in seiner Funktion als Präsident der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETH Zürich) um weitere vier Jahre ab dem 1. Januar 2023 bestätigt. Damit würdigt der Bundesrat die grossen Leistungen von Mesot als Präsident der ETH Zürich und die zahlreichen wichtigen Initiativen, die von ihm lanciert wurden. So lancierte Mesot zum Beispiel die Initiative «Origins of Life», mit der rund um den Schweizer Physik-Nobelpreisträger Didier Queloz und zusammen mit der Universität Cambridge die Ursprünge des Lebens erforscht werden sollen. ○



Bild: Future Learning

Neue Technologien verändern den Unterricht.

## Erstes gemeinsames Doktoratsprogramm

Die ETH Zürich lanciert gemeinsam mit der ETH Lausanne ein neues Doktoratsprogramm in den Lernwissenschaften. Ziel ist die Ausbildung von Fachpersonen, die ihr technisches und naturwissenschaftliches Wissen zur Förderung der Forschung, der

Lehre und des Lernens einbringen sollen. Es wird in diesem Frühling erstmals angeboten.

Wie helfen Erkenntnisse aus der Lern- und Kognitionsforschung beim Lehren und Lernen? Wie können Datenwissenschaften und künstliche Intelligenz individuell abgestimmtes Lernen unterstützen? Und wie gelingt es, die Interaktion zwischen Lernenden und physischen Räumen in verschiedenen Umgebungen systematisch zu evaluieren? Diese und ähnliche Themen sollen die Teilnehmenden des neuen Doktoratsprogramms behandeln. Das neue Programm, das vier Jahre dauert, wird von der Jacobs Foundation gefördert. ○

# Neue Grundlage für wissenschaftlich integres Handeln

Integrität ist eine entscheidende Basis für das Vertrauen in die Wissenschaft. Die ETH-Leitung hat neue Richtlinien zur wissenschaftlichen Integrität erlassen.

TEXT Florian Meyer

Wissenschaftliche Integrität und gute wissenschaftliche Praxis betreffen jeden Aspekt wissenschaftlichen Handelns. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler müssen sich – ebenso wie Wirtschaft und Gesellschaft – darauf verlassen können, dass wissenschaftliche Ergebnisse redlich, offen, nachvollziehbar und wiederholbar entstehen.

2008 erstmals erlassen, sind die Richtlinien der ETH Zürich zur wissenschaftlichen Integrität im letzten Jahr vollständig überarbeitet worden. Anfang Dezember hat die ETH-Schulleitung die neue Fassung genehmigt und auf den 1. Januar 2022 in Kraft gesetzt. Dabei war der neue «Kodex zur wissenschaftlichen Integrität», den die Akademien der Wissenschaften Schweiz im Mai 2021 veröffentlichten, zentrale Grundlage der Totalrevision: Wissenschaftliche Integrität baut

demnach auf den vier Grundprinzipien Verlässlichkeit, Redlichkeit, Respekt und Verantwortung auf.

**KLAR MIT SPARSAMER REGULIERUNG** «In den Integritäts-Richtlinien legen wir als ETH-Wissenschaftsgemeinschaft die Standards unserer Lehr- und Forschungsarbeit fest, um so das Vertrauen in unsere Wissenschaften und unsere Resultate zu stärken», sagt Nicolas Gruber, Professor für Umweltphysik. Er ist der Präsident der Kommission für gute wissenschaftliche Praxis (GWP-Kommission) der ETH Zürich, unter deren Leitung die Integritäts-Richtlinien totalrevidiert und intern konsultiert worden sind. Die erneuerten Integritäts-Richtlinien kennzeichnen eine Konzentration auf das Wesentliche und ein Befähigungsansatz, der das erwünsch-

Die Integritäts-Richtlinien gelten für alle ETH-Angehörigen, die an wissenschaftlichen Tätigkeiten in Forschung und Lehre mitwirken.

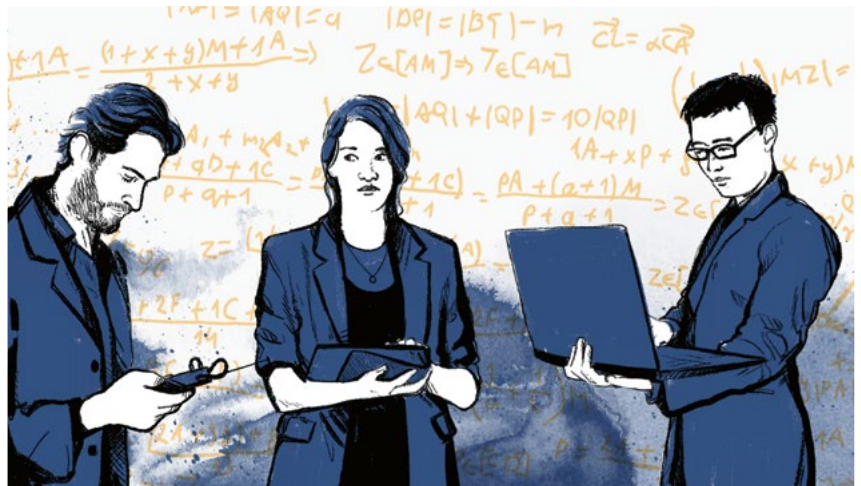


Illustration: Silvio Bohrer

te Verhalten beschreibt, anstatt das Unerwünschte aufzulisten. «Die Integritäts-Richtlinien sind ein Leitfaden und kein Reglement. Sie geben Orientierung für den Alltag und dienen der Prävention», sagt Gruber: «Sie bestimmen, was integrires Verhalten bedeutet, und sehen davon ab, jede Handlung bis ins Detail vorzuschreiben oder zu verbieten.»

**ABWÄGEN BEI INTERESSENKONFLIKTEN** Ausführlicher als bisher wird beispielsweise beschrieben, wie mit Interessenkonflikten in Forschungsprojekten und in Gremien, beziehungsweise bei der Mitwirkung in Entscheidungs-, Beurteilungs- oder Evaluationsprozessen, umzugehen ist. «Die Richtlinien setzen auf das Prinzip der Offenheit», sagt Gruber. «Wichtig ist, dass Forschende einen Interessenkonflikt deklarieren, damit sich abwägen lässt, wie gewichtig dieser ist und ob jemand auf ein Mandat oder Projekt verzichten muss.» Auf zu starre formale Kriterien wurde dagegen verzichtet, da sie erfahrungsgemäss für ETH-interne Gremien unpraktikabel sind und zu einem sachlich nicht gerechtfertigten Ausschluss von Personen führen können. Bei Grossforschungsprojekten in der Kernphysik zum Beispiel kann eine Publikation gut 200 Autorinnen und Autoren haben. Da ist tatsächlich diskutierbar, ob eine Co-Autorenschaft befangen macht.

**PRINZIPIEN BEI PUBLIKATIONEN** Auch in Bezug auf die Autorschaft von wissenschaftlichen Publikationen wurden die Richtlinien angepasst und präzisiert. Unverändert gilt, dass der Autorenstatus an drei Kriterien gebunden ist, die alle drei erfüllt sein müssen: Die Person muss einen wesentlichen wissenschaftlichen Beitrag zu einer Forschungsarbeit geleistet haben, sie muss an der Erarbeitung des Manuskripts beteiligt gewesen sein und sie muss die Endversion des Manuskripts gutheissen. Dabei sollen alle wissenschaftlich am Projekt Beteiligten so früh wie möglich und sinnvoll diskutieren, wer als Autorin oder Autor in Frage kommt. Neu gilt zudem, dass die Beiträge der einzelnen Autorinnen und Autoren nachvollziehbar zu deklarieren sind.

**SENSIBILISIERUNG UND SCHULUNG** Um die Integritäts-Richtlinien in der täglichen Praxis zu verankern, werden sie nun allen Angehörigen bekannt gemacht und periodisch wieder in Erinnerung gerufen. Seit dem 1. Januar 2022 müssen zudem alle Doktorierenden, die sich neu an der ETH Zürich immatrikulieren, während des Doktorats mindestens einen Kreditpunkt im Bereich der Ethik und der guten wissenschaftlichen Praxis erwerben. Als Ergänzung zum Kursangebot wird ab diesem Frühlingsemester ein aus Mitteln des Innovedum-Fonds geförderter Kurs «Ethics and Scientific Integrity for Doctoral Students» angeboten. ○

## PHILANTHROPIE

VON  
Donald Tillman



### Der Motor für mehr

3218 Mal durfte die ETH Foundation 2021 «Danke» sagen: So hat die Jacobs Foundation die Lernwissenschaften und Clariant die Katalyse-Innovation gefördert, Alumnus Eric Winkler die Ökosystemforschung von Professor Tom Crowther unterstützt. Weshalb sind solche grossen und auch kleinere philanthropische Mittel so wertvoll für die ETH? Auf das gesamte ETH-Budget des Bundes bezogen machen diese lediglich 5 bis 10 Prozent aus. Jedoch kann die ETH nur über einen kleinen Prozentsatz der Bundesmittel frei verfügen. Die meisten Mittel sind gebundene Ausgaben, z. B. für Infrastruktur oder Personal. Philanthropische Mittel sind so wertvoll, weil sie den Handlungsspielraum der ETH erweitern. In Ergänzung zu den Bundesmitteln sind Donationen der Motor für mehr: Dank ihnen kann die ETH Forschung zu Zukunftsthemen anschieben und Talente fördern. So haben auch kleine Beträge im Verbund grosse Wirkung. Speziell danken möchten wir für die breite Unterstützung durch ehemalige Mitarbeitende, besonders aus der Professorenschaft, sowie durch Alumni und Alumnae: TogETHER gestalten wir Zukunft!

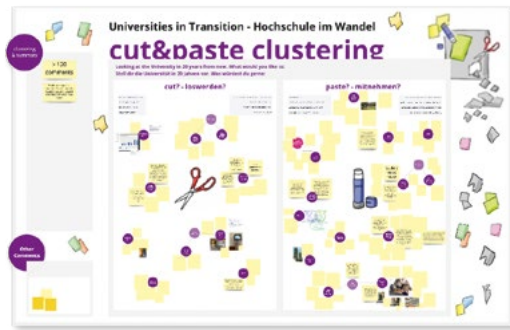
→ [ethz-foundation.ch](https://ethz-foundation.ch)

# Noch mehr Visionen für die Zukunft

Welche Konzepte gibt es für die zukunftsfähige Hochschule? Was soll es Neues geben – und was darf sich verabschieden? Die letzte Ausgabe von *Globe* lud Leserinnen und Leser ein, ihre Ideen auf einem Miro Board zu teilen. Mehr als 120 Einträge wurden gemacht. Das Team des Strategic Foresight Hub der ETH Zürich hat die Einträge gesichtet und zu Themenclustern zusammengefasst. Nun lädt das Team zu einer weiteren Runde des Ideenaustauschs ein – mit einem besonderen Twist: Gefragt sind diesmal vor allem Visionen in Form von Fotos und Bildern. Vier Themencluster möchte das Foresight-Team in den Mittelpunkt stellen: study and working spaces, teaching and teaching methods, lunch and snacks, fun and encounters. ETH-Angehörige und ETH-Interessierte sind aufgerufen, Bilder, Fotos und Kommentare zu diesen Themen mit der Community auf dem Miro Board zu teilen. ○



Das Board ist bis zum 15.5.2022 zur Bearbeitung offen:  
 → [bit.ly/3D2nFY5](https://bit.ly/3D2nFY5)



What could this look like?



Das Miro Board lädt erneut zum Austausch ein.

## Suva unterstützt Reha-Initiative

Mit einer Million Franken an die ETH Foundation fördert die Suva über fünf Jahre Forschungsprojekte des Kompetenzzentrums Rehabilitation Engineering and Science (RESC) der ETH Zürich im Rahmen der Reha-Initiative. Der Unfallversicherer unterstützt die Forschungsprojekte im Bereich der Unfallrehabilitation und der Rehabilitation von Berufskrankheiten finanziell und durch die Zusammenarbeit mit der Rehaklinik Bellikon der Suva. Mit der von der ETH Zürich 2019 lancierten Reha-Initiative wollen ETH-Forscher gemeinsam mit Partnern wie Kliniken, Stiftungen und Behörden die Lebensqualität und die Teilhabe von Menschen mit körperlichen Einschränkungen verbessern. ○

## Neugründung: Quantum Engineering Alumni

Die ETH Alumni sind um eine neue Mitgliederorganisation reicher. ETH-Alumna Anja Ulrich ist Präsidentin der neuen, kürzlich gegründeten Mitgliederorganisation der Quantum Engineering Alumni. Sie gehört zu den Ersten, die den Master in Quantum Engineering abschliessen werden. Im Feld der Quantentechnologien ist die ETH eine der führenden Universitäten. An der ETH kommen die zukünftigen Spitzenleute im Quantum Engineering zusammen.

Derzeit sind die Jahrgänge noch klein und überschaubar. Doch viele Studierende haben einen internationalen Hintergrund. Mit dem Abschluss werden ihre Wege weit auseinandergehen, thematisch wie geografisch. Mit der Gründung der Quantum Engineering Alumni soll sichergestellt werden, dass die Verbindung untereinander und zur ETH erhalten bleibt. ○

## Integriertes Sensorsystem für Herzpumpe

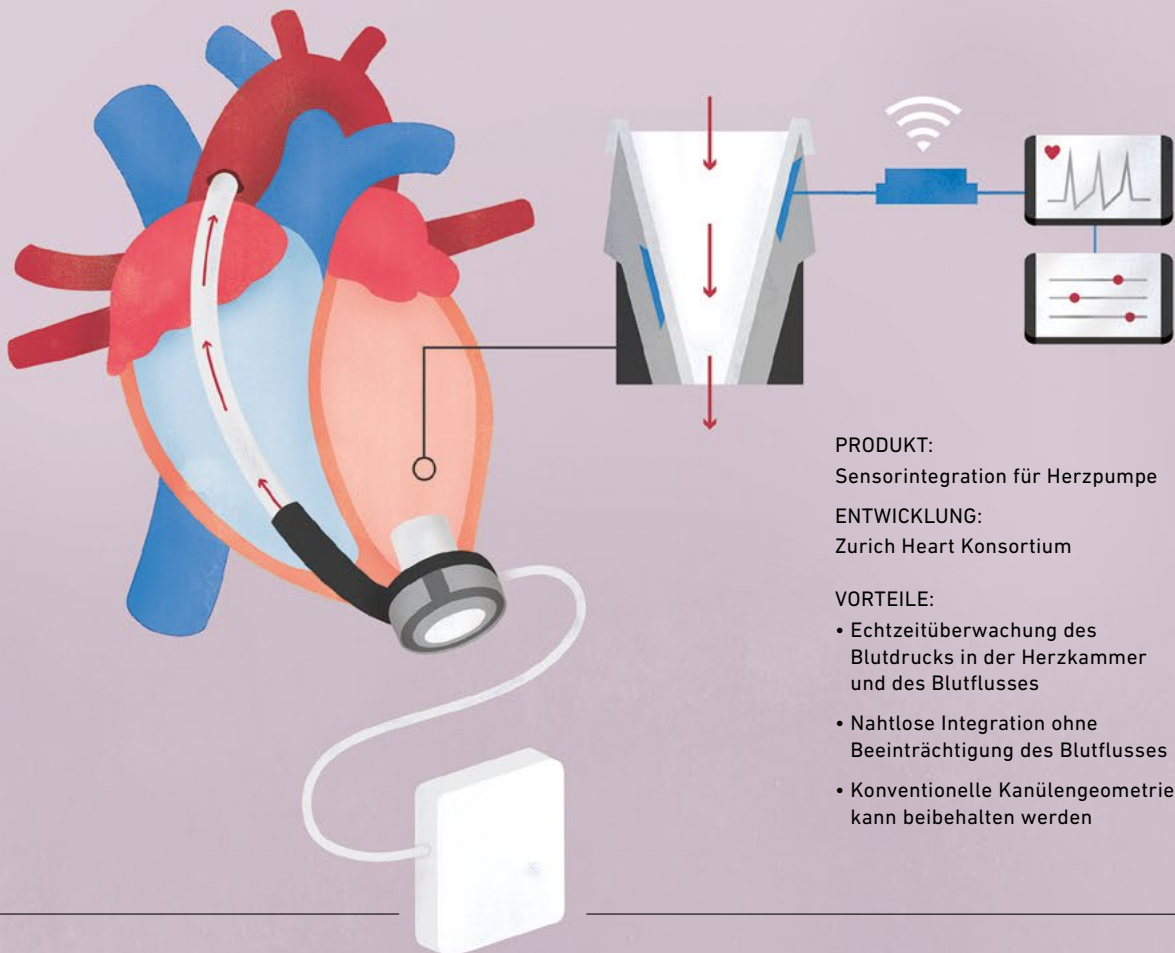
Herzpumpen werden Menschen mit Herzinsuffizienz im Spätstadium eingepflanzt. Das Gerät saugt das sauerstoffreiche Blut aus der linken Herzkammer und pumpt es in die Hauptschlagader.

Die Pumpen laufen bei gleichbleibenden Geschwindigkeiten – egal ob die Betroffenen schlafen oder körperlich aktiv sind. Dies bewirkt Diskrepanzen zwischen Versorgung und Bedarf, die auf Dauer zu lebensgefährlichen Komplikationen führen. Das

Zürich Heart Konsortium hat Algorithmen und ein integriertes Sensorsystem entwickelt, die in Kombination die Pumpleistung an die Bedürfnisse der Patientinnen und Patienten anpassen.

Zwei Drucksensoren lassen sich nahtlos in kleine Hohlräume in den Wänden der blutführenden Zuflusskanüle der Pumpe integrieren. Eine Polymerbeschichtung an der Innenseite der Kanüle deckt sie ab und bildet als eine Trennmembran die Schnittstelle zu den Sensoren. So kann das Blut unbeeinträchtigt durch die Kanüle fließen. Die Sensoren werden an unterschiedlichen Querschnitten der Kanüle platziert. Dadurch kann nicht nur der Blutdruck gemessen, sondern auch der Blutfluss berechnet werden. ○

→ [hochschulmedizin.uzh.ch/de/projekte/zurichheart](https://hochschulmedizin.uzh.ch/de/projekte/zurichheart)



### PRODUKT:

Sensorintegration für Herzpumpe

### ENTWICKLUNG:

Zürich Heart Konsortium

### VORTEILE:

- Echtzeitüberwachung des Blutdrucks in der Herzkammer und des Blutflusses
- Nahtlose Integration ohne Beeinträchtigung des Blutflusses
- Konventionelle Kanülengeometrie kann beibehalten werden

# Inspired by the best

Weiterbildung für akademisch  
gebildete Fach- und Führungskräfte

MAS, DAS, CAS und Weiterbildungskurse  
auf [www.sce.ethz.ch](http://www.sce.ethz.ch)



## Führung lernen, wo die Zukunft beginnt.

Als Ideenschmiede für Innovationen bildet die ETH Zürich das ideale Fundament für eine Management-Weiterbildung, die neue Technologien in ihrer DNA trägt.

Im MAS MTEC Programm erwerben Sie die Kompetenzen, Technologien effektiv und zielgerichtet einzusetzen und Ihr Team souverän in die Zukunft zu führen.



[mas-mtec.ethz.ch](http://mas-mtec.ethz.ch)

**Bewerben Sie sich jetzt für den Studienbeginn im Herbst 2022!**  
Bewerbungsschluss: 30. April

# PERSÖNLICH



## GÜNTHER DISSERTORI setzt in der Lehre auf die «drei E»: Enthusiasmus, Empathie und Erwartungsmanagement.

TEXT Karin Köchle

GÜNTHER DISSERTORI ist Professor am Institut für Teilchen- und Astrophysik. Seit Februar 2022 ist er Rektor der ETH Zürich.  
—> [ipa.phys.ethz.ch](http://ipa.phys.ethz.ch)

**Als Professor für Teilchenphysik sind Sie sehr erfolgreich. Welchen Stellenwert wird die Forschung neben Ihrem Amt als Rektor haben?**

Meine Leidenschaft fürs Forschen hört natürlich nicht von einem Tag auf den anderen auf. Mir liegen vor allem das Wohlergehen und der weitere Erfolg der fantastischen Mitarbeitenden in meiner Forschungsgruppe am Herzen. Ich möchte mir weiterhin Zeit für sie nehmen, obwohl dies neben meinen Verpflichtungen als Rektor eine Herausforderung sein wird.

**Am CERN waren Sie stellvertretender Sprecher einer Kollaboration von 4000 Forschenden und Studierenden aus mehr als 40 Ländern. Können Sie als Rektor von dieser Erfahrung profitieren?**

Auf jeden Fall. Am Ende geht es in Organisationen wie der ETH und dem CERN um dasselbe, nämlich mit hochmotivierten, talentierten Menschen zusammenzuarbeiten und gemeinsam Ziele zu erreichen. Die meisten Herausforderungen von heute können nur noch dank hervorragender Teamarbeit gelöst werden, genauso wie die sehr komplexen Experimente am CERN nur von grossen internationalen Kollaborationen entwickelt werden können.

**Wenn Sie nach rund 20 ETH-Jahren eine Erkenntnis hervorheben müssten – welche wäre das?**

Das unglaublich breite und hochqualitative Spektrum der Aktivitäten in Lehre und Forschung, zusammen mit der enormen Dichte und Vielfalt an wirklich tollen Menschen, von den Studierenden, Forschenden, Dozierenden bis hin zu den Mitarbeitenden in den Departementen und den zentralen Diensten: Diese Erkenntnis lässt mich stets mit Freude zur Arbeit gehen.

**Sie wurden für Ihre Lehrtätigkeit an der ETH schon mehrfach ausgezeichnet. Welchen Rat würden Sie jemandem geben, der seine Lehre verbessern will?**

Ich habe vor allem nach dem Motto der «drei E» gelehrt: Enthusiasmus, Empathie und Erwartungsmanagement: mit Enthusiasmus lehren und dank starker Präsenz die Aufmerksamkeit gewinnen und halten; sich in die Lernenden hineinversetzen und sich dadurch stets hinterfragen, ob eine Erklärung wirklich verständlich ist; und schliesslich klare An- und Vorgaben machen und sich auch daran halten.

**Sie sind in Südtirol geboren und aufgewachsen. Welche Beziehung haben Sie zu den Bergen?**

Eine sehr enge. In den Bergen finde ich zu einer ganz besonderen inneren Ruhe. Ich finde, dass Berge auch Respekt und Demut lehren. ○

# EINE HOLZKUPPEL NUR AUS ABFALL

TEXT Rahel Künzler  
BILDER Daniel Winkler





- 1  
Das Material für diesen Kuppelbau besteht ausschliesslich aus Altbauteilen.
- 2  
Die Holzbalken müssen von Fremdkörpern gesäubert und in die richtige Form zugeschnitten werden.



**REPORTAGE** Catherine De Wolf ist überzeugt, dass die Digitalisierung den Weg hin zu mehr Kreislaufwirtschaft im Bausektor ebnen kann. Wie das gehen soll, zeigt die Assistenzprofessorin mit ihrer Forschungsgruppe in einem praktischen Projekt.

Auf den ersten Blick könnte man meinen, hier finde ein Einführungskurs für Holzarbeit statt: In der Schreinerei auf dem Campus Höggerberg hat sich an diesem Januarmorgen eine sechsköpfige Truppe um die Bandsägemaschine versammelt. Es gilt, massive Holzbalken in dünnere Leisten zu schneiden. Nach kurzer Instruktion legen die einen gleich los. Mit geübten Griffen schieben sie die Balken vors Sägeblatt. Andere zögern noch und fragen nach, ob sie die Hände am richtigen Ort halten.

Für einige Mitglieder der Forschungsgruppe von Catherine De Wolf, Assistenzprofessorin am Departement Bau, Umwelt und Geomatik der ETH Zürich, sind die Schreinerarbeiten tatsächlich neu. Der Crashkurs ist allerdings vor allem Mittel zum Zweck; das Ziel der ETH-Forschenden aus dem Circular Engineering for Architecture (CEA) Lab ist ein anderes: Sie wollen in den nächsten vier Wochen ein Gebäude einzig aus Bauabfällen erschaffen. Eine halbrunde Kuppel soll es werden.

Das Grundgerüst besteht aus den Holzleisten, die sie gerade zuschneiden. «Es macht Spass, gemeinsam zu werken», sagt Doktorandin Deepika Raghu. Im Architekturstudium hatte sie nie die Gelegenheit, ein Bauwerk in so grossem Stil zu konstruieren.

Das Projekt startete im vergangenen Oktober in einem Autolagerhaus in Genf. Kurz vor dessen Abriss durften die ETH-Forschenden alle für sie brauchbaren Altbauteile aus dem Gebäude bergen. Unter Anleitung von Abbruchspezialisten zerlegten De Wolf und ihre drei Doktorierenden einen der Etagenböden in seine Einzelteile. Ihre Ausbeute – Spanplatten, Holzbalken, Stahlträger sowie einige Kunststoffrohre – transportierten sie mit einem Mini-Van nach Zürich.

**MOTIVATION NACHHALTIGKEIT** Wie bereits beim Abriss packt Assistenzprofessorin De Wolf auch bei den Schreinerarbeiten mit an. Gerade fährt sie mit einem Metalldetektor einen Holzbalken →

entlang, um Nägel und andere Fremdkörper aufzuspüren und vor dem Sägen zu entfernen. Die Wiederverwendung von Bauteilen nach den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft ist das Kernthema, mit dem sich die 32-jährige Belgierin an der ETH beschäftigt. Den Entschluss, sich für nachhaltiges Bauen einzusetzen, fasste sie schon viel früher, während des Studiums in Architektur und Bauingenieurwesen. In einer der ersten Vorlesungen verkündete der Dozent, dass der Bausektor der weltweit grösste Verursacher unserer Treibhausgasemissionen sei, erinnert sich De Wolf. Als naturverbundener Mensch habe sie diese Tatsache zunächst schockiert. «Aber dann habe ich mir gedacht, dass ich da vieles bewirken kann.»

Heute, mehr als zehn Jahre später, ist De Wolf überzeugt, dass der Weg zu mehr Nachhaltigkeit im Bausektor über digitale Werkzeuge und Technologien führt. Wo und wie die Digitalisierung einen Mehrwert bringt, soll das Kuppel-Projekt zeigen.

De Wolf will, dass alle Gruppenmitglieder einmal einen ganzen Wiederverwendungszyklus durchspielen – von den Abbauarbeiten über das Design eines neuen Gebäudes bis hin zu dessen Bau. «Wer die Arbeitsschritte von A bis Z selbst durchführt, findet die besten Lösungen und merkt gleichzeitig, wo die Herausforderungen liegen», ist die Assistenzprofessorin überzeugt.

**HOLZBALKEN VERMISST** «Haben wir nun genug Holzbalken?» Im hinteren Teil der Schreinerei studiert De Wolf mit dem Doktoranden Matthew Gordon den Konstruktionsplan. Die Form der geodätischen Kuppel ist nicht zufällig gewählt. Mit einer Grundstruktur aus lauter Dreiecken gehören Kuppeln zu den raum- und energieeffizientesten Bauwerken überhaupt und sind gleichzeitig extrem stabil. Das Spezielle der Holzkuppel an der ETH: Die unterschiedlich langen Streben der Dreiecke sind so dimensioniert, dass sie den Vorrat an wiederverwendetem Material möglichst effizient nutzen.

Gordon, der ein Studium in digitaler Fabrikation absolvierte, hat dazu einen Algorithmus programmiert, der anhand des Holzvorrats selbstständig die optimale Geometrie und Dimensionen der Kuppel berechnet. «Ziel war, das Computerprogramm so zu konzipieren, dass es nicht die grössten Balken in kleine Stücke verschneidet und möglichst wenig Reste übrigbleiben», erklärt er. Gerade prüft der Doktorand nochmals, ob die im Computer hinterlegten Daten zu den Holzbalken mit der Realität übereinstimmen.

Bei den Vorbereitungsarbeiten hatte er nämlich bemerkt, dass einige Balken fehlen. Diese waren aber in der Konstruktion fest eingeplant. So musste Gordon die Flexibilität seines Computerprogramms unter Beweis stellen. Noch am selben



3





Morgen hat er die Berechnungen neu durchgeführt. Während der Rest der Gruppe Balken um Balken zersägt, beschriftet der Chefkonstrukteur die neuen Bauteile mit der entsprechenden Nummer auf dem Plan. Bis jetzt scheint alles zu stimmen – Feuerprobe bestanden.

**SECOND-HAND-BAUTEILE VERMITTELN** «Diese Episode zeigt eine der grössten Herausforderungen bei der Arbeit mit gebrauchten Bauteilen», sagt De Wolf scherzhaft. Wegen Platzmangel lagerten die Holzbalken draussen vor den Werkstätten. Wahrscheinlich hat sie jemand fälschlicherweise entsorgt. Im Baugewerbe existieren ähnliche Probleme, erklärt sie. Zwar gibt es immer mehr Unternehmen, die Handel mit Second-Hand-Bauteilen betreiben. Die Bauteile zu beschaffen, ist jedoch aufwändig und zeitintensiv, der Platz für die Zwischenlagerung ist begrenzt. «Idealerweise würden die Unternehmen frühestmöglich über einen Abriss oder Rückbau informiert, so dass sie gleich mit der Suche nach Abnehmern für die Materialien beginnen können», so De Wolf. In der Realität passiere dies jedoch oftmals kurzfristig.

Wie wäre es also, wenn auf einer digitalen Plattform sämtliche Informationen zu den Bauteilen in bestehenden Gebäuden erfasst würden? So könnten Architektinnen und Architekten herausfinden, wann welche Materialien aus Abrissobjekten verfügbar sind, und diese in Neubauten einplanen. «Gerade in Zeiten der Pandemie, in der Unterbrüche in globalen Lieferketten unzählige Bauprojekte verzögern, werden die Vorteile der Kreislaufwirtschaft umso mehr spürbar», erklärt Doktorand Brandon Byers.

Innerhalb des Kuppelprojekts hat er den Prototyp einer Onlineplattform für Bauteile erstellt. Am Beispiel der Holzelemente zeigt der studierte Bauingenieur, wie es gelingt, Informationen über mehrere Gebäudezyklen hinweg zu speichern – und bei Bedarf zu aktualisieren. Angaben wie das Installationsdatum, die Dimensionen und die Qualität der Bauteile hat der Doktorand in einer Tabelle für jeden Lebensabschnitt des Holzes aufgelistet und aktualisiert. →

3  
Matthew Gordon und Catherine De Wolf studieren den digitalen Konstruktionsplan.

4  
Auch die Verbindungsteile für die Holzbalken bestehen aus Altmaterial. Sie wurden aus alten Plastikrohren gefertigt.



**QR-CODE FÜR JEDES BAUTEIL** Vorteile dieses digitalen Materialpasses sieht Byers auch abseits der praktischen Aspekte im Bau. «Wenn die Informationen zu verbauten Bauteilen frei zugänglich sind, ermöglicht dies gleichzeitig, mehr über die Geschichte eines Gebäudes zu erfahren.» Der ETH-Doktorand hat daher die Bauteile jeweils gut sichtbar mit einem QR-Code gekennzeichnet, der direkt auf den entsprechenden Materialpass im Internet verlinkt.

Mit einem Lasercutter graviert Byers die letzten QR-Codes ins Holz. In der Bauhalle beginnen unterdessen die Aufbauarbeiten. Zu zweit schrauben die Forschenden die Holzleisten an den Enden zusammen. Als Gelenke dienen ringförmige Scheiben, die sie aus Plastikrohren zugeschnitten haben. Auch diese stammen aus dem Gebäude in

Genf; es waren einmal Wasserrohre. Knapp zwei Stunden später steht das unterste Stockwerk an Dreiecken. Nach drei Tagen ist die Kuppel fertig montiert – zumindest fast.

Einmal mehr zeigt sich, dass bei der Arbeit mit gebrauchten Bauteilen, zu denen kaum Informationen verfügbar sind, nicht alles planbar ist: Die Holzleisten setzen die Plastikringe so fest unter Spannung, dass sie sich verziehen. Dank digitaler Fabrikation findet sich auch für dieses Problem eine Lösung. Mit einer computergesteuerten Fräsmaschine schneiden die Forschenden runde Scheiben aus den geborgenen Spanplatten heraus, die präzise in die Plastikringe passen. «Die Kuppel ist dadurch nicht nur stabiler, sondern sie gewinnt auch noch an Ästhetik», sagt Raghu, die bei diesem Projektteil den Lead übernommen hat.

**SOMMERKURS FÜR STUDIERENDE** «Es macht mich schon stolz, was für ein schönes Bauwerk meine Forschungsgruppe in so kurzer Zeit errichtet hat», sagt De Wolf an der Vernissage im kleinen Kreis. Noch gibt es in der Privatwirtschaft wenige Gebäude, die vollkommen nach den Ansätzen der Kreislaufwirtschaft erbaut sind. «Damit so ein Projekt erfolgreich durchgeführt werden kann, müssen alle Akteure am gleichen Strang ziehen», so die Assistenzprofessorin.

Indem sie Architektinnen, Ingenieure und Informatikerinnen zusammenbringt, versucht De Wolf, zumindest in ihrer Forschungsgruppe die Voraussetzungen dafür zu schaffen. Fast noch wichtiger sei jedoch die Kombination aus Umweltbewusstsein und digitaler Affinität, fügt sie hinzu. Die sei nicht so häufig zu finden. «Auf der einen Seite stehen grüne Aktivistinnen wie Greta Thunberg und dann gibt es Tech-Geeks wie Elon Musk», so De Wolf. Sie suche hingegen gezielt nach Digitalaffinen, die ihr Know-how in den Dienst der Umwelt stellen.

Einen wichtigen Teil ihrer Arbeit sieht die Assistenzprofessorin darin, ihr Forschungsgebiet bekannter zu machen. Im Rahmen der Summer School bietet sie dieses Jahr einen Kurs an, wo sie mit Studierenden aus verschiedenen Departementen eine weitere Kuppel aus wiederverwendeten Bauteilen baut. Als Anschauungsobjekt soll diese Kuppel den Sommer über auf dem Campus Höggerberg stehen bleiben. Eine Ausstellung zum Thema «Kreislaufwirtschaft im Bau» sowie ein paar kleinere Events sind geplant. ○

5

Jedes Bauteil wird mit einem QR-Code versehen und in einer Datenbank erfasst.



Video zur Reportage:



→ [youtu.be/vpKAFfsNo7M](https://youtu.be/vpKAFfsNo7M)

# MEHR ALS NUR KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

TEXT Jeannine Hegelbach  
BILDER Daniel Winkler



## PROFIL | ETH-Alumna Paulina Grnarova will mittels künstlicher Intelligenz die Arbeitsweise im Rechtswesen revolutionieren. Seit Forbes sie bei «30 under 30» gelistet hat, sind alle Augen auf sie gerichtet.

Paulina Grnarova schlendert durch die grellbunten Räume des WOW-Museums in Zürich. Fasziniert betrachtet sie die optischen Illusionen, die das Museum beherbergt. Diese versetzen die 30-Jährige gedanklich in ihre Kindheit. Bereits damals hatte sie ein Faible für Mathematik und Geometrie. Ihr Vater, ein Informatik-Professor und Unternehmer, förderte ihr Interesse an Technologie und Mathematik früh und führte sie auf spielerische Art und Weise in die Materie ein. «Matheaufgaben waren als Kind für mich wie Rätsel, die ich lösen konnte. Bereits mit sieben Jahren nahm ich in Nordmazedonien, wo ich aufgewachsen bin, an Mathematikwettbewerben teil», so Grnarova. Es erstaunt nicht, dass sie später Computer Science studierte und nun eine Softwarefirma gegründet hat, die sich im Kern auf künstliche Intelligenz (KI) stützt.

Grnarova findet es genial, wie das WOW Museum mathematische und optische Konzepte für Besucher erlebbar macht. Sie ist auch ein grosser Fan von Gamification. So nutzt sie seit Jahren die App Duolingo, um Deutsch zu lernen.

«Ich bin ein absoluter «Over-Achiever»,» bekennt Grnarova, «nicht nur beruflich.» Beinahe täglich trainiert sie beim Sportangebot der Hochschule Body Combat, Konditionstraining oder Tanzen. In ihrer Freizeit falle es ihr nicht immer leicht, die Arbeit auszublenden. Sie liest dann Bücher oder

hört Podcasts von anderen erfolgreichen Gründerinnen. Der stete Einsatz hat sich für sie ausgezahlt: An der Universität in Skopje schloss sie als Beste ab und erhielt vom Präsidenten des heutigen Nordmazedoniens eine prestigeträchtige Auszeichnung, dank der sie im Ausland studieren konnte. Ihre Wahl fiel zunächst auf die ETH Lausanne, fürs Doktorat wechselte sie dann an die ETH Zürich.

**KÜNSTLICHE INTELLIGENZ FÜR ANWÄLTE** Vor gut einem Jahr gründete Grnarova die Firma DeepJudge zusammen mit drei anderen Doktorierenden aus dem Data Analytics Lab, das von ETH-Professor Thomas Hofmann geführt wird. «Mit unserer Plattform wollen wir die Arbeit von Anwälten und anderen Berufsgruppen im Rechtsbereich revolutionieren», erklärt sie. Die KI-unterstützte Software erledigt manuelle und zeitaufwändige Aufgaben und stellt die relevanten Informationen aus tausenden von Dokumenten bereit. «So können sich Anwälte mehr auf die strategischen Aspekte ihres Jobs konzentrieren», führt Grnarova aus. Die meisten juristischen Softwarelösungen, die es auf dem Markt gibt, fokussieren nur auf eine spezielle Aufgabe, ohne Synergien und Parallelen zwischen verschiedenen Arbeiten zu nutzen. DeepJudge unterstützt Anwälte jedoch bei verschiedenen Tasks und fungiert als virtueller Allroundassistent.

Es gibt einen weiteren, wesentlichen Faktor, den DeepJudge anderen voraus hat: Die künstliche Intelligenz wurde mittels Millionen von öffentlichen Rechtsdokumenten darauf trainiert, die semantischen Inhalte verstehen und sie kontextbasiert anwenden zu können. Damit ist die Software unter anderem in der Lage, verschiedene Verträge zu vergleichen und daraus selbstständig eine Vorlage für einen neuen Vertrag anzufertigen. Bereits vorhandene rechtliche Dokumente können auf der Plattform in einer «augmentierten» Version betrachtet werden, die automatisch relevante Gesetzesparagrafen und Gerichtsentscheide einblendet oder auf bestehende Handelsregistereinträge verweist. Sensible Inhalte in Unterlagen schwärzen? Ein einziger Mausklick und die Sache ist erledigt.

**SPRACHE UND KONTEXT VERSTEHEN** Der Quantensprung, der DeepJudge durch das semantische Verständnis und die Berücksichtigung des Kontexts

**PAULINA GRNAROVA** Die Gründerin und CEO studierte Computer Science an der EPFL und schloss ihre Doktorarbeit an der ETH Zürich im Bereich künstliche Intelligenz ab. Sie wohnt und arbeitet in Zürich. In ihrer Freizeit tobt sie sich sportlich gerne beim Body Combat, Cardio- und Tanztraining aus.

gelingen ist, basiert zum einen auf Deep Learning, aber auch auf Natural Language Processing. «Ich konnte in diesem Bereich wertvolle Erfahrungen sammeln, als ich 2017 für zweieinhalb Jahre bei Google AI Language im Forschungsteam von «Google Assistant» mitarbeiten konnte», erzählt Grnarova. Für die Sprachversion des Google-Assistenten musste sie der künstlichen Intelligenz beibringen, einen längeren Text zusammenzufassen und die Essenz in wenigen Sätzen wiedergeben zu können. Dazu musste die künstliche Intelligenz ein semantisches Verständnis des Inhalts entwickeln. Grnarovas Praktikum bei Google Brain im Bereich Core Machine Learning, wo sie Einblick bekam, wie Modelle lernen und was sie sehen, um eine bestimmte Entscheidung zu fällen, half ihr ebenfalls für die Entwicklung von DeepJudge.

«Ich hatte wahnsinnig Glück, denn in der Zeit, als ich an meinem Doktorat arbeitete, begannen Forschende Deep Learning und neuronale Netzwerke zu entwickeln. Das Feld der künstlichen Intelligenz erlebte eine Revolution und Computer konnten bei gewissen Aufgaben sogar übermenschliche Leistungen erreichen», erinnert sich die junge Gründerin. DeepJudge gehört zur ersten Generation von ETH-Spin-offs, die vom ETH AI Center unter-

stützt wurden. Inspiriert dazu, künstliche Intelligenz im Rechtswesen anzuwenden, wurde Grnarova von ihrem ehemaligen Professor Thomas Hofmann. Dieser hatte zuvor ebenfalls erfolgreich ein Start-up in diesem Feld aufgebaut.

**NEUE ROLLE ALS CEO** Während Grnarova bis anhin bei jedem Projekt selbst am Code mitschrieb und hauptsächlich für den technischen Bereich zuständig war, übernimmt sie als CEO bei DeepJudge nun ganz neue Aufgaben. Sie agiert als Schnittstelle zwischen Kunden, Investorinnen und den eigenen Mitarbeitenden. Ihre Pitches und Präsentationen drehen sich nicht mehr um technische Aspekte, sondern zeigen auf, welche Probleme ihre Software lösen kann und warum Kunden sie kaufen sollen. Dass sie in so kurzer Zeit eine steile Lernkurve als CEO hinlegte, spricht für ihre Anpassungsfähigkeit. «Ich vermisse es manchmal schon, selbst zu programmieren. Wobei es auch ein bisschen einsam sein kann, jahrelang allein an einem Code zu schreiben – wie für meine Doktorarbeit zum Beispiel. Deswegen genieße ich es jetzt wohl besonders, als CEO mit einem Team zusammenzuarbeiten», fügt sie hinzu. Schon jetzt zählt DeepJudge 14 Mitarbeitende, obwohl das Unternehmen erst vor einem Jahr gegründet wurde. In dieser Zeit hat Grnarova mit ihrem Team bereits über eine halbe Million Franken durch Awards und Preise eingeheimst. Gerade sind von Venture Kick noch einmal 150 000 Schweizer Franken dazugekommen und Grnarova wurde auf die Forbes-Liste «30 under 30» gesetzt. Die Forbes-Platzierung löste ein riesiges Medienhype aus. Sogar Fernsehsender aus ihrer Heimat Nordmazedonien berichteten über ihren Erfolg.

Darauf angesprochen, was sie aus ihrer Heimat am meisten vermisse, huscht ein Lächeln über ihr Gesicht. «Familie, Freunde und sicher auch der soziale Austausch, der in der mazedonischen Kultur noch viel stärker verankert ist als hier», sprudelt es aus ihr heraus. Man spürt, dass Freundschaften bei ihr fürs Leben geschlossen werden und auf solidem Fundament stehen. Ihrer Meinung nach sei etwas vom Wichtigsten, mit wem man eine Firma gründe. «Beim Aufbau einer Firma wird man durch gute, aber auch schlechte Zeiten gehen. Das kann man nicht immer steuern. Ein Gründerteam zu haben, das dich unterstützt und das gleiche Ziel verfolgt wie du, ist ausschlaggebend; nicht nur für den Erfolg, sondern vor allem dafür, wie sich die Reise dorthin anfühlt», sagt Grnarova. Dann verschwindet sie mit einem Lächeln im Spiegellabyrinth des WOW Museums. ○



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

# AGENDA

## ENTDECKEN



Bild: Julia Ecker

○ 3. Mai 2022, 18.15 – 19.15 Uhr

### Farbgeschichten

Ein Zufall und ein Farbstoff, rot wie eine Fuchsie, verhalfen der Schweiz zur blühenden Chemie- und Pharmaindustrie. Die Chemische und Pharmakognostische Sammlung lädt ein zu einer Farbreise mit Entdeckungen vom Fuchsin-Krimi bis zu Levi's Jeans.

ETH Zürich, Campus Höggerberg

Anmeldung und weitere Führungen unter:  
—> [tours.ethz.ch](https://tours.ethz.ch)

○ 17. Juni 2022

### Nacht der Physik

An der Nacht der Physik tauchen die Besuchenden in Mitmach-Experimenten, Vorträgen oder Laborführungen in die spannende Welt der Physik ein: von Quantencomputern über Materialwissenschaften bis hin zur Astro- und Teilchenphysik.

ETH Zürich, Campus Höggerberg

Weitere Informationen unter:  
—> [nacht-der-physik.ethz.ch](https://nacht-der-physik.ethz.ch)

○ 11.–20. Oktober 2022

## ETH Alumni Reise ins Baskenland

Die Reise führt in den pulsierenden Norden Spaniens, der sich nach dem Niedergang der Stahlindustrie durch spektakuläre Museumsbauten auszeichnet und sich in ein neues Zeitalter aufmacht. In den Städten Bilbao, San Sebastián und Pamplona erleben wir den unbändigen Willen der Basken, ihre Heimat durch zeitgenössische Kunst, Kulturzentren sowie Zukunftswerkstätten neu zu gestalten und auf diese Weise einen Weg aus der Krise zu finden.

Dank der Kontakte der Reiseleiterin werden wir Zugang zu Kulturräumen haben, die einer breiten Öffentlichkeit ansonsten verschlossen sind. Nicht zuletzt werden wir auch die kulinarischen Genüsse des Baskenlands erfahren.

Informationen und Anmeldung:  
—> [alumni.ethz.ch/events](https://alumni.ethz.ch/events)



Bild: rhz Reisehochschule

Marqués de Riscal ist das älteste Weingut in der baskischen Provinz Álava.



○ Bis 26. Juni 2022

## Blue Links. Cyanotypes.



Bild: Graphische Sammlung ETH Zürich

Blau ist ein synthetisch höchst schwierig herzustellender Farbstoff. Blau sind auch die Cyanotypien – faszinierende blau gefärbte fotografische Bilder –, die die renommierte Schweizer Künstlerin Daniela Keiser geschaffen hat. In der Ausstellung beschäftigt sie sich mit Landschaftsformationen, Besiedlungsstrukturen, der Globalisierung und dem Agrarhandel.

ETH Zürich, Graphische Sammlung

→ [gs.ethz.ch](https://gs.ethz.ch)

## HÖREN

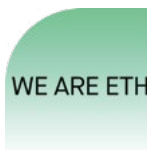
○ ETH Alumni-Podcast

### We Are ETH

Die neue Podcast-Reihe gibt Einblicke in die Alumni-Welt der ETH Zürich. In den ersten Folgen werden Mitglieder des ETH Circle vorgestellt – einer Gemeinschaft von Botschaftern und Botschafterinnen, die gemeinsam daran arbeiten, die internationale Sichtbarkeit der ETH zu erhöhen.

Diese und weitere Podcasts auf allen bekannten Plattformen sowie auf:

→ [ethz.ch/podcast](https://ethz.ch/podcast) (in Englisch)



## LESEN

### Integrate

#### Architektur unter Einfluss des Klimawandels

Für dieses Buch wurden Studierendenarbeiten vom Department für Architektur der ETH Zürich ausgewählt, die unterschiedliche Ansätze in der Umsetzung der Themen Energie, CO<sub>2</sub>-Emissionen und den dahinterliegenden Prinzipien im Entwurfsprozess thematisieren.

Die Diskussion der ökologischen Nachhaltigkeit im Bausektor wurde in den letzten Jahrzehnten regelmässig von einer Polarisierung zwischen Low- und High-Tech geprägt, manchmal als oberflächliches Schlagwort verwendet, oft als Einschränkung empfunden.



Bild: vdf Hochschulverlag

Die Projekte in diesem Buch zeigen, dass wir allzu vereinfachende Denkweisen zugunsten eines systemischen und lebenszyklusbezogenen Denkens aufgeben müssen. Deren Vielfalt zeigt auf, dass mit höchst unterschiedlichen gestalterischen Ansätzen zukunftsfähige Gebäude entworfen werden können – vom Fokus auf effizientere Technologie bis hin zur Auseinandersetzung mit Material und Geometrie.

vdf Hochschulverlag AG  
ISBN: 978-3-7281-4099-9

# OUT OF FOKUS

Illustration: Michael Meister



Sicherheit und Risiko: gesehen von Michael Meister

**IMPRESSUM Herausgeber:** ETH Alumni / ETH Zürich, ISSN 2235-7289 **Redaktion:** Martina Märki (Leitung), Christoph Elhardt, Corinne Johannssen, Nicol Klenk, Karin Köchle, Rahel Künzler, Florian Meyer, Anna Samoylenko, Felix Würsten  
**Mitarbeit:** Jeannine Hegelbach, Samuel Schläfli

**Inseratverwaltung:** ETH Alumni, 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; Stefan Pooth; Klein Wolf Peters GmbH; Clare Bourne; Gena Olson **Auflage:** 37 000 deutsch, 11 000 englisch, viermal jährlich **Abonnement:** CHF 20.– im Jahr (vier Ausgaben); in der Vollmitgliedschaft bei ETH Alumni enthalten  
**Newsletter:** ethz.ch/news-abonnieren **Bestellungen und Adressänderungen:** globe@hk.ethz.ch bzw. für ETH Alumni alumni.ethz.ch/myalumni **Kontakt:** ethz.ch/globe, globe@hk.ethz.ch, +41 44 632 42 52



ClimatePartner®  
klimaneutral

Druck | ID: 53232-1502-1013

Deine Motivation ist der

# Antrieb

für den Mikroprozessor.

Adrian Bucher,  
Elektrotechniker, Systems Engineer



#FeelFreeToSpeedUp

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](https://zuehlke.com/careers)



# Entdecke unser Young Engineers Program

maxon unterstützt mit dem Young Engineers Program (YEP) innovative Projekte mit vergünstigten Antriebssystemen und technischer Beratung. Erfahre mehr: [www.drive.tech](http://www.drive.tech)