

Bereit für die Lehre der Zukunft 34 Outdoor-Sportpädagogik macht  
Schule 40 Alumna Bettina Heim im Porträt 45

# GLOBE

NR.  
4/2024

FOKUS

## Eine Reise ins All

Warum sich die ETH im  
Weltraum engagiert



Ich vertrete unsere Interessen  
im Ausland.  
Ich arbeite für die Schweiz.

**Steve**  
Diplomat

[stelle.admin.ch](https://stelle.admin.ch)



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Bundesverwaltung**

Arbeiten für die Schweiz



## Liebe Leserinnen und Leser

Geht es Ihnen auch so, wenn Sie in den nächtlichen Sternenhimmel schauen? Ich verharre jeweils fasziniert, ehrfürchtig und neugierig. Vieles bleibt uns zwar noch verborgen, aber die Wissenschaft hat wichtige Erkenntnisse beim Verständnis des Weltraums gewonnen. Den ersten Exoplaneten haben die Schweizer Nobelpreisträger Didier Queloz und Michel Mayor vor dreissig Jahren entdeckt. Heute sind mehr als 5000 Planeten ausserhalb des Sonnensystems bekannt!

Der Weltraum fasziniert nicht nur, er ist auch von grosser Bedeutung bei der Bewältigung globaler Herausforderungen. Satellitenbeobachtung ist unverzichtbar, wenn wir den Klimawandel

überwachen oder frühzeitig vor Stürmen warnen wollen. Die ETH Zürich hat deshalb ihre Anstrengungen in diesem Bereich verstärkt. Ein Pfeiler ist das von Didier Queloz geleitete Centre for the Origin and Prevalence of Life (COPL), das der grossen Frage nach dem Ursprung von Leben nachgeht. Ein zweiter Pfeiler ist die Initiative ETH Zürich Space, für die wir den ehemaligen NASA-Wissenschaftsdirektor Thomas Zurbuchen gewinnen konnten. Die Initiative soll die Zusammenarbeit innerhalb der Wissenschaft, mit der Industrie sowie ESA und NASA stärken. Ganz neu ist das Masterstudium in Space Systems, über das die ersten Studierenden hier berichten.

All diese Initiativen konnten wir nur lancieren, weil die ETH schon lange mit Raumfahrtagenturen zusammenarbeitet und an wichtigen Missionen beteiligt war: beispielsweise bei der Entwicklung des James-Webb-Space-Teleskops oder eines Seismometers der Marsmission InSight. Aktuelle Forschungsprojekte suchen nach erdähnlichen Exoplaneten oder wollen den Nachweis von Gravitationswellen erbringen.

Lassen Sie sich auf eine Reise ins All mitnehmen! Ich wünsche Ihnen eine inspirierende Lektüre.

Joël Mesot,  
Präsident der ETH Zürich



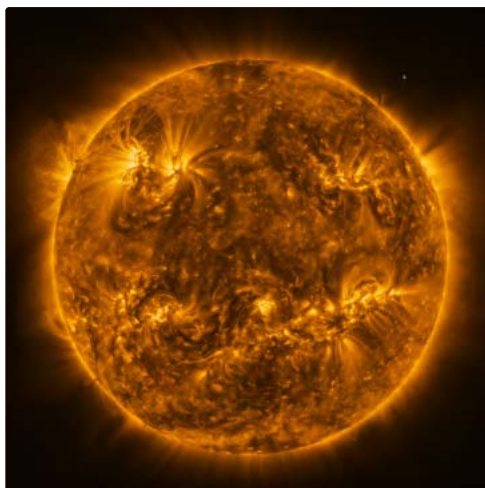



**Elektrifizierende Innovation im Starkstrombereich**  
mit COMSOL Multiphysics®

Schnelle Marktreife von Netzkomponenten verlangt nach intelligenten Designinnovationen und effizienter Produktentwicklung. Dies erreichen innovative Branchenführer durch Multiphysik-Simulation. Testen und optimieren auch Sie Ihre Produkte virtuell – lange vor dem ersten Prototypen.

» [comsol.com/feature/electrical-innovation-de](https://comsol.com/feature/electrical-innovation-de)

Bild: ESA und NASA / Solar Orbiter / EUI team; data processing: E. Kraaikamp (ROB)



COVER:

## 75 Millionen Kilometer ...



... so nah – oder fern – befand sich der Solar Orbiter der ESA im Jahr 2022, als die Sonde diese Aufnahme der Sonne machte. Aufgenommen mit einer Auflösung von mehr als 83 Millionen Pixeln, zeigt sie unsere Sonne in bisher unerreichter Detailgenauigkeit. Auf der äussersten Schicht der Sonne, der Korona, herrschen Temperaturen von rund einer Million Grad Celsius. Noch nie ist eine Raumsonde dem Stern so nahegekommen wie der Solar Orbiter. Die ETH-Physikprofessorin Louise Harra war über zwei Jahrzehnte hinweg in allen Phasen des Projekts involviert.

**IMPRESSUM** Herausgeber: ETH Alumni / ETH Zürich, ISSN 2235-7289 Redaktion: Corinne Johannssen, Karin Köchle (Co-Leitung), Nicole Davidson, Christoph Elhardt, Vinzenz Greiner, Michael Keller, Deborah Kyburz, Noe Lüthi, Peter Rüegg, Michael Walther  
Mitarbeit: Andres Eberhard, Barbara Vonarburg Inseratverwaltung: ETH Alumni / ETH Zürich Inseratemanagement: Fachmedien, Zürichsee Werbe AG, Rapperswil, info@fachmedien.ch, +41 44 928 56 53 Gestaltung: Crafft AG, Zürich Korrektorat und Druck: Linkgroup AG, Zürich Übersetzung: James Humphreys, Scott Davidson, Clare Bourne, Gena Olson Barrierefreies PDF: Manu Heim, Matija Pavic, Karen Rudd Auflage: 38 000 deutsch, 16 900 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: ETH Zürich: ethz.ch/globe, globe@hk.ethz.ch; ETH Alumni: globe@alumni.ethz.ch



Bild: Michel Büchel / ETH Zürich



40

## NEW + NOTED

- 6 News aus der ETH Zürich
- 8 Drucken mit Lehm
- 10 **ZUKUNFTSBLOG** Ein Krieg um Grund und Boden.

## FOKUS

- 16 **DER WELTRAUM IST FÜR DIE ERDE UNERLÄSSLICH** Thomas Zurbuchen im Gespräch.
- 20 **BEI DIESEN MISSIONEN FLIEGT ETH MIT** Forschende auf der Suche nach Lebensspuren und Gravitationswellen.
- 22 **WAS DER BLICK AUS DEM ALL ENTHÜLLT** Das Potenzial von Erdbeobachtungen mit Satelliten ist enorm.
- 26 **STARTKLAR FÜR DEN SPACE-MASTER** Der neue Studiengang der ETH stösst auf grosses Interesse.
- 30 **ABHEBEN MIT CLEVEREN IDEEN** Wie Raumfahrt-Start-ups in der Schweiz durchstarten können.



Bild: Markus Bertschi / ETH Zürich

45

## COMMUNITY

- 32 Verbunden mit der ETH
- 34 **WERKZEUGE FÜR DIE NOCH UNBEKANNTEN PROBLEME DER ZUKUNFT** Eine Vision für die Lehre der ETH Zürich.
- 37 **PERSÖNLICH** Johannes Bohacek untersucht die molekularen Grundlagen von Stress im Gehirn.

## REPORTAGE

- 40 **IN DER TURNHALLE VON MUTTER NATUR** Angehende Sport-Lehrpersonen verbringen ein besonderes Outdoor-Wochenende.

## PROFIL

- 45 **VOM RITTBERGER ZUM QUANTENSPRUNG** ETH-Physikerin Bettina Heim entwickelt Software für Quantencomputer.
- 48 **ENTDECKEN**
- 50 **IDEENLABOR** Gesichtserkennung für Kunstwerke.

# NEW + NOTED



Bild: Adobe Stock

Wenn die Eismassen auf der Erde schmelzen, verändert dies auch die Art, wie sich die Erde dreht.

## Klimawandel verändert Erdrotation

Forschende der ETH Zürich um Professor Benedikt Soja haben herausgefunden, dass das Schmelzen der polaren Eismassen in Grönland und der Antarktis das Wasser in die Ozeane und vor allem in äquatornahe Gebiete verteilt. Diese Massenverlagerung wirkt sich auch auf die Erdrotation aus – vergleichbar mit einer Eiskunstläuferin, die durch das Ausstrecken der Arme langsamer dreht. Die Veränderungen folgen dem physikalischen Gesetz der Drehimpulserhaltung. Dreht sich die Erde langsamer, werden die Tage länger. Der Klimawandel verändert somit nicht nur die Drehgeschwindigkeit, sondern auch die Tageslänge auf der Erde.

In einer Studie zeigten die Forschenden, dass sich die Tageslänge durch den Klimawandel um wenige Millisekunden pro Jahr verlängern könnte. Auch der Mond, der seit Milliarden Jahren die Erdrotation beeinflusst, tritt durch den Klimawandel in den Hintergrund, sodass menschlicher Einfluss die

Erde dereinst stärker prägen könnte als diese natürlichen Prozesse.

Eine weitere Entdeckung der Studie: Der Klimawandel beeinflusst auch die Erdachse, sodass die Position, an der die Achse auf die Erdoberfläche trifft, sich verschiebt. Längerfristig liegt diese Polbewegung im Bereich von etwa zehn Metern pro hundert Jahre. Dabei spielen nicht nur das Abschmelzen der Eisschilde eine Rolle, sondern auch Bewegungen, die im Inneren der Erde stattfinden.

Für die Untersuchung nutzte das Team sogenannte physikinformierte neuronale Netzwerke. Diese KI-Methoden orientieren sich an physikalischen Gesetzen und ermöglichen genaue Modellierungen der Polbewegung. Der Doktorand Mostafa Kiani Shahvandi konnte so erstmals die verschiedenen Ursachen der langfristigen Polbewegung vollständig erklären.

Die Veränderungen der Erdrotation sind zwar gering, aber relevant für eine präzise Navigation im Weltraum. Schon minimale Abweichungen auf der Erde könnten bei Raumfahrtmissionen grosse Auswirkungen haben. ○

## Sport oder Snack?



Bild: Adobe Stock, Montage

Unzählige Verlockungen können uns vom Sport abhalten.

Der Hirnbotsstoff Orexin spielt eine zentrale Rolle, wenn es darum geht, sich zwischen Bewegung und Essen zu entscheiden. Forschende der ETH Zürich zeigten in Experimenten, dass Mäuse mit funktionierendem Orexin-System deutlich häufiger das Laufrad der «Milchshake-Bar» vorzogen. Bei Mäusen mit blockiertem Orexin-System hingegen gewann der Milchshake stets gegenüber der Bewegung. Interessanterweise unterschied sich das Verhalten der beiden Gruppen aber nicht bei Experimenten, bei denen die Forschenden den Mäusen nur entweder das Laufrad oder den Milchshake anboten. Orexin beeinflusst damit die Entscheidung zwischen Sport und Essen, statt nur den Hunger oder Bewegungsdrang zu steuern. Die Forschenden vermuten, dass Orexin auch bei Menschen eine ähnliche Funktion hat. Dies könnte zu neuen Ansätzen führen, um Bewegungsbarrieren zu überwinden und gegen die weltweite Adipositas-Epidemie vorzugehen. ○

## Rekordleistung bei Laserpulsen

Wissenschaft und Industrie benötigen oft keinen kontinuierlichen Laserstrahl, sondern sehr kurze und starke Laserpulse. Forschende um ETH-Professorin Ursula Keller haben einen Laser entwickelt, der Hochleistungspulse erzeugt. Dieser neue Laser erreicht mit 550 Watt mittlerer Leistung und 100 Megawatt Spitzenleistung eine bisher unerreichte Stärke, die für Anwendungen in der Materialbearbeitung und für Präzisionsmessungen genutzt werden könnte. Möglich wurde diese Laserinnovation durch eine optimierte Anordnung der Spiegel im Laser und durch Verbesserungen eines speziellen Spiegels, der den Laser zur Pulserzeugung veranlasst. Dank der hohen Leistung, die ohne separate Verstärker erzeugt wird, bleibt das System rauscharm, was gerade bei empfindlichen Messungen von Vorteil ist. Forschende hoffen, mit diesem Fortschritt neue Anwendungen in der Wissenschaft und der Industrie zu erschliessen. ○

Bild: Moritz Seidel / ETH Zürich



Blick ins Innere des Rekordlasers.









## Drucken mit Lehm

Aus Lehm oder Erde können ganze Häuser gebaut werden. Das Material ist preisgünstig, fast überall verfügbar und nachhaltig. Herkömmliche Baumethoden sind jedoch sehr arbeitsintensiv, langsam und daher teuer. ETH-Forschende von Gramazio Kohler Research, dem Robotic Systems Lab und der Professur für Nachhaltiges Bauen haben nun ein schnelles, robotergestütztes Druckverfahren für Erdmaterialien entwickelt, das ohne Zement auskommt. Beim sogenannten Impact Printing stösst ein Roboter von oben Material aus und lagert es portionsweise und mit hoher Geschwindigkeit ab. Beim Aufprall verbinden sich die Teile, sodass nur sehr wenige Zusatzstoffe nötig sind. Anders als beim Beton-3D-Druck braucht das Verfahren keine Pausen, in denen sich das Material verfestigen kann. Die neue Technologie kann zum Bau von Wänden und Säulenstrukturen eingesetzt werden. Die Gruppen arbeiten an der Entwicklung zusätzlicher robotergestützter Oberflächenveredelungsverfahren und Materialien für weitere Anwendungen. Zur Vermarktung der robotergestützten Drucktechnologie ist ein Spin-off geplant. ○



Video: «Neues Druckverfahren für Erdmaterialien»  
→ [youtu.be/UwiEiuVy-rk](https://youtu.be/UwiEiuVy-rk)

Projektseite «Impact Printing»  
→ [ethz.ch/impact-printing](https://ethz.ch/impact-printing)

## Ein Krieg um Grund und Boden

Der Krieg in der Ukraine ist auch ein Krieg um Boden. Sebastian Dötterl erklärt, warum der ukrainische Boden besonders wertvoll ist.



**SEBASTIAN DÖTTERL** ist Assistenzprofessor am Departement für Umweltsystemwissenschaften der ETH Zürich.

Seit Februar 2022 leidet die ukrainische Bevölkerung unter dem russischen Angriffskrieg. Seither sind schon viele kluge Analysen gemacht worden, warum Russland ein imperialistisches Interesse an der Ukraine hat. Ich möchte den Blick aber auf einen Aspekt lenken, der mir bis jetzt noch zu kurz gekommen ist: Denn neben den ideologischen Kriegsgründen tobt in der Ukraine ein Krieg um einige der Schlüsselressourcen des 21. Jahrhunderts: Ackerland und Bodenschätze.

**FRUCHTBARE BÖDEN** Dass gerade der Süden und Osten der Ukraine reich an seltenen Erden, Erzen und anderen Metallen ist und das Land über viel fruchtbare Ackerfläche verfügt, ist allgemein bekannt. Aber nur wenige kennen deren Verteilung innerhalb des Landes und den Grund dafür: So wie Erzvorkommen abhängig von der Geologie eines Landes sind, beruht die Fruchtbarkeit der ukrainischen Böden auf einer einzigartig dicken Humusschicht und dem sehr fruchtbaren Material, aus dem der Boden entsteht, sogenannten Lössablagerungen. Diese fruchtbaren Böden – aufgrund ihrer

Farbe «Schwarzerden» genannt – kommen auch in anderen Teilen der Welt vor, aber nirgendwo in Europa sind sie so dominant wie in der Süd- und der Ostukraine und den angrenzenden russischen Gebieten – also genau die Gebiete, die Russland für sich beansprucht.

Zum Vergleich: Während die eigentliche humusreiche Schicht in Schweizer Böden oft weniger als zwanzig Zentimeter beträgt, ist diese im Ackerland der Ukraine oft mindestens sechzig Zentimeter oder sogar mehr als einen Meter mächtig. Und das auf einem Gebiet, welches in etwa dem Sechsfachen der Schweizer Landesfläche entspricht.

**PUFFER GEGEN KLIMAFOLGEN** Was den ukrainischen Boden in Zukunft noch wertvoller macht: Nahezu jede ackerbauliche Bewirtschaftung führt in irgendeiner Form zu Bodendegradation, was sich negativ auf die Bodenfruchtbarkeit und die Erträge auswirkt. Viele europäische Böden sind dadurch bereits stark degradiert und anfälliger für Störungen wie beispielsweise den Klimawandel. Solche Schäden und Ertragseinbussen können die Schwarzerden der Ukraine noch viele Jahrzehnte erfolgreich kompensieren.

Gerade im Hinblick auf den Klimawandel gewinnt diese Tatsache noch an Brisanz. Die ukrainischen Gebiete dürften im Vergleich zu den Ländern West- und Mitteleuropas bei den derzeit gängigsten Klimaszenarien am wenigsten von den negativen Auswirkungen des Klimawandels betroffen sein. Während die europäische Landwirtschaft zuneh-



ment unter Dürren und Wetterextremen leidet, wird der ukrainische Boden dadurch noch wertvoller.

**GEWALTIGER SCHATZ IM BODEN** Bereits im Herbst 2022 schätzte der kanadische Thinktank SecDev den Wert der Bodenschätze in den von Russland derzeit besetzten Gebieten der Ukraine auf über zwölf Billionen US-Dollar. Von den dreissig durch die EU als strategisch besonders wertvoll eingestuften Rohstoffen lassen sich 22 in der Ukraine in grossen Mengen fördern. Darunter sind Rohstoffe wie Kohle, Öl und Eisenerz, aber auch Lithium, Titan, Magnesium oder Uran.

Aufgrund der geologischen Besonderheiten der Ukraine befinden sich viele der ergiebigen Erzkommen wie beispielsweise das für die Elektromobilität essenzielle Lithium vor allem in der Ost- und der Südukraine. Das heisst konkret in aktuell umkämpften Kriegsgebieten oder in Gebieten, die von Russland als Territorium beansprucht werden. Wer die Kontrolle über diese Gebiete hat, hat meiner Meinung nach einen entscheidenden machtpolitischen Joker in der Hand, sowohl gegen Industrieländer als auch gegen Länder, die nur schwache einheimische Nahrungsmittelproduktionen haben. ○

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



In einem Schützengraben in der Ukraine zeigt sich die mächtige, fruchtbare Humusschicht in dunkler Farbe.

## Kunststoff chemisch recyceln



Die meisten Kunststoffdeckel von Getränkeflaschen bestehen aus Polypropylen.

Das chemische Kunststoffrecycling bietet vielversprechende Möglichkeiten, um Kunststoffabfälle nachhaltig zu verwerten. Im Gegensatz zum mechanischen Recycling, das die Qualität des Kunststoffs verringert, ermöglicht das chemische Verfahren die Rückführung des Kunststoffs in seine Grundbausteine, aus denen hochwertige Produkte entstehen können.

Forschende der ETH Zürich haben nun zentrale Grundlagen erarbeitet, um dieses Verfahren weiterzuentwickeln. Sie zeigten, dass das sorgfältige Umrühren der Kunststoffschmelze entscheidend ist. Dazu werden die Kunststoffe Polyethylen und Polypropylen in einem Stahltank erhitzt, mit Wasserstoff vermischt und durch spezielle Katalysatoren in kürzere Molekülketten zerlegt. Diese Ketten lassen sich dann als Flüssigtreibstoff oder Schmiermittel nutzen. Das Team um ETH-Professor Javier Pérez-Ramírez entwickelte ausserdem eine mathematische Formel, die den gesamten Prozess abbildet und dabei hilft, die ideale Rührgeschwindigkeit und -geometrie zu bestimmen. Mit diesen Erkenntnissen kann die Forschung die Effizienz des chemischen Recyclings weiter steigern und Standards setzen, um das Verfahren vom Labor in die industrielle Anwendung zu bringen. ○



# Ein Hydrogel gegen Endometriose

Endometriose betrifft etwa zehn Prozent der Frauen und wird durch den Rückfluss von Menstruationsblut in die Bauchhöhle verursacht, was zu Entzündungen und Schmerzen führt. Ein Forschungsteam der ETH und der Empa hat ein innovatives Hydrogel-Implantat entwickelt, das Endometriose vorbeugen und gleichzeitig als Verhütungsmittel dienen kann. Das Implantat blockiert die Eileiter und lässt dabei weder Spermien noch Blut durch. Es ist nur zwei Millimeter gross, quillt aber nach dem Einsetzen auf und wird vom Körper nicht abgestossen. Ein weiterer Vorteil: Das Implantat lässt sich mithilfe von UV-Licht oder einer speziellen Flüssigkeit auflösen, sodass kein operativer Eingriff zur Entfernung nötig ist. Die Forschenden um Inge Herrmann testen das Implantat derzeit in präklinischen Studien und haben ein Patent angemeldet, um es bald auf den Markt zu bringen. ○



Bild: Adobe Stock

Etwa zehn Prozent aller Frauen sind von Endometriose betroffen.

## Künstlicher Muskel statt Motor



Bild: Wolfram Scheible / MPI-IS

Das Roboterbein funktioniert nach dem gleichen Prinzip wie menschliche Beine beim Springen.

Roboter werden von Motoren angetrieben – einer Technologie, die schon 200 Jahre alt ist. Forschende um ETH-Professor Robert Katzschmann und vom Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme haben nun ein Roboterbein mit künstlichen elektrohydraulischen Muskeln entwickelt, das hohe Sprünge ausführen und sich an unebenes Terrain anpassen kann. Diese sogenannten elektrohydraulischen Aktuatoren funktionieren energieeffizienter als herkömmliche Motoren, da sie statische Elektrizität nutzen, um Öl in Kunststoffbeuteln zu bewegen. So wird das Bein gebeugt oder gestreckt, ähnlich wie Muskeln im menschlichen Körper. Diese Technologie ermöglicht nicht nur flinke und anpassungsfähige Bewegungen, sondern spart auch Energie und Kühlbedarf, da weniger Wärme entsteht. Die Forschenden sehen Potenzial für Soft-Robotik-Anwendungen, die besonders wendige und reaktive Bewegungen erfordern. ○

# Metastasen verhindern

Verlaufen Krebserkrankungen tödlich, sind meist Metastasen schuld. ETH-Forscher um Professor Andreas Moor haben untersucht, wie sich Darmkrebszellen in der Leber einnisten. Dabei haben sie bestimmte Oberflächenproteine identifiziert, die diesen Prozess ermöglichen: Die Darmkrebszellen besitzen sogenannte Semaphore, die an das Protein Plexin auf Leberzellen andocken. Diese Interaktion löst tiefgreifende Veränderungen in den Krebszellen aus, wodurch sie sich an ihre Umgebung anpassen und dauerhaft in der Leber ansiedeln können. Die Krebszellen verändern dabei ihre ursprüngliche Form und gewinnen Eigenschaften, die dem Wachstum von Metastasen förderlich sind. Studien zeigen, dass bei Darmkrebspatientinnen und -patienten mit hohem Semaphorein-Gehalt im Tumor das Risiko für Lebermetastasen erhöht ist. Die Erkenntnisse könnten nicht nur für Darmkrebsbehandlungen relevant sein, sondern auch für andere Krebsarten, bei denen Plexin ebenfalls eine Rolle spielt – zum Beispiel bei Bauchspeicheldrüsenkrebs oder schwarzem Hautkrebs. Durch eine gezielte Blockade der Wechselwirkung zwischen Plexin und Semaphore hoffen die Forschenden, die Entstehung lebensbedrohlicher Metastasen in Zukunft verhindern zu können. ○

dien zeigen, dass bei Darmkrebspatientinnen und -patienten mit hohem Semaphorein-Gehalt im Tumor das Risiko für Lebermetastasen erhöht ist. Die Erkenntnisse könnten nicht nur für Darmkrebsbehandlungen relevant sein, sondern auch für andere Krebsarten, bei denen Plexin ebenfalls eine Rolle spielt – zum Beispiel bei Bauchspeicheldrüsenkrebs oder schwarzem Hautkrebs. Durch eine gezielte Blockade der Wechselwirkung zwischen Plexin und Semaphore hoffen die Forschenden, die Entstehung lebensbedrohlicher Metastasen in Zukunft verhindern zu können. ○

Anzeige

Werden Sie Teil der Suche nach extraterrestrischem Leben.

Jetzt unterstützen:  
[ethz-foundation.ch/together](http://ethz-foundation.ch/together)

**ETH** Foundation

Dieser Inseraterraum wurde gespendet.



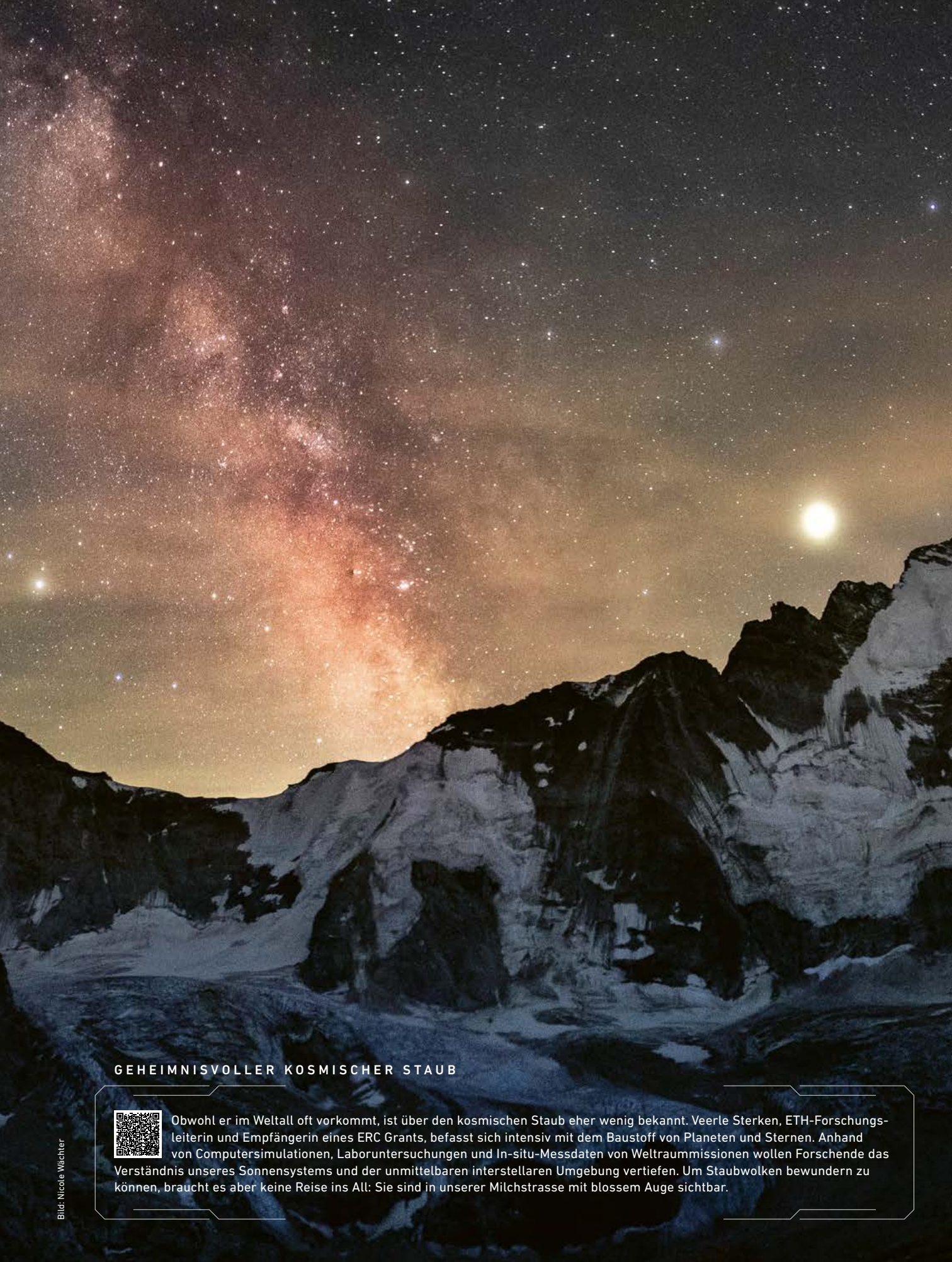
The background of the entire page is a night sky filled with stars, with a mountain peak in the foreground. The mountain is dark, with some snow or light-colored rock patches. The sky transitions from a dark blue/black at the top to a lighter, yellowish-orange glow near the horizon, suggesting a sunset or sunrise. The overall mood is serene and expansive.

# DIE ETH IM WELTALL

**FOKUS** | Mit der Initiative ETH Zürich Space setzt die ETH ein Zeichen: Sie stärkt und erweitert Forschung, Lehre und Innovationsförderung im Weltraumbereich. Die Vernetzung und die Zusammenarbeit mit Partnern auf der ganzen Welt spielen dabei eine tragende Rolle.

Text Karin Köchle und Noe Lüthi





## GEHEIMNISVOLLER KOSMISCHER STAUB



Obwohl er im Weltall oft vorkommt, ist über den kosmischen Staub eher wenig bekannt. Veerle Sterken, ETH-Forschungsleiterin und Empfängerin eines ERC Grants, befasst sich intensiv mit dem Baustoff von Planeten und Sternen. Anhand von Computersimulationen, Laboruntersuchungen und In-situ-Messdaten von Weltraummissionen wollen Forschende das Verständnis unseres Sonnensystems und der unmittelbaren interstellaren Umgebung vertiefen. Um Staubwolken bewundern zu können, braucht es aber keine Reise ins All: Sie sind in unserer Milchstrasse mit blossen Auge sichtbar.

# Der Weltraum ist für die Erde unerlässlich

Thomas Zurbuchen, Leiter von ETH Zürich Space, erklärt, wie die Schweiz das Weltall besser nutzen und erforschen kann. Das Potenzial ist längst nicht ausgeschöpft.

Text Christoph Elhardt und Karin Köchle

**Thomas Zurbuchen, Sie beschäftigen sich schon lange mit dem Weltall. Spüren Sie immer noch so etwas wie Ehrfurcht vor dem, was da draussen ist?**

THOMAS ZURBUCHEN: Ja. Und sie wird immer grösser, je mehr ich darüber weiss. Der Nachthimmel, den ich als Kind anschaute, war viel einfacher als der, den ich heute sehe. Heute weiss ich, dass es zu jedem Stern mindestens einen Planeten gibt. Oder dass der ganze Raum mit Gravitationswellen vibriert. Diese Wellen werden wir nun übrigens mit einer Weltraumantenne messen, die zum Teil an der ETH gebaut wird.

**Wie erklären Sie sich die Faszination für die Weltraumforschung?**

Wir alle tragen eine natürliche Neugier in uns, wir wollen die Natur verstehen. Schon Kinder fra-

gen sich: Was ist das, warum ist das so, wie funktioniert das? Die Faszination hat aber auch mit dem Überschreiten von Grenzen zu tun. Wenn wir die Gravitation der Erde überwinden, ist das wie eine Art Trotzreaktion. Wir müssen unsere kindliche Neugier wieder neu zum Leben erwecken.

**Und trotzdem haben wir auf der Erde genug Probleme, die man mit Geld, das in die Weltraumforschung fliesst, lösen könnte.**

Aus meiner Sicht wird nicht genug in die Weltraumforschung investiert, vor allem in der Schweiz. Denn viele der Lösungen kommen aus dem Weltall. An der ETH motiviert uns eines der grössten Probleme, die wir auf der Erde haben: der Klimawandel. Daten aus dem Weltall helfen uns zu verstehen, wie sich unsere Welt verändert.

**Das müssen Sie erklären.**

Satellitendaten können dazu verwendet werden, heftige Sturmereignisse vorherzusagen. Mittels Daten aus dem Weltall können wir aber auch Bergrutsche besser verstehen, Wälder besser schützen und die Verschmutzung der Ozeane besser erkennen. Diese Daten sind heute für die Erd- und Klimabeobachtung unerlässlich.

**Seit August 2023 leiten Sie ETH Zürich Space. Welche Bilanz ziehen Sie?**

Wir sind auf gutem Weg – bei der Innovationsförderung, in der Lehre und in der Forschung. Dabei konnten wir auf sehr guter Vorarbeit aufbauen: ESA BIC Switzerland, eine Förderinitiative der Europäischen Weltraumorganisation und der ETH Zürich, ist sehr erfolgreich. Aktuell fördern wir 21 Start-ups, die sich mit Weltraumtechnologie beschäftigen.





**THOMAS ZURBUCHEN** war von 2016 bis 2022 Wissenschaftsdirektor der Weltraumbehörde NASA. Im August 2023 übernahm der schweizerisch-US-amerikanische Astrophysiker als Professor für Weltraumwissenschaft und -technologie die Leitung von ETH Zürich Space. Mit dieser Initiative will die ETH ihre Weltraumforschung und -lehre ausbauen und die Zusammenarbeit mit der Raumfahrtindustrie stärken.

Und dass wir diesen Herbst schon den neuen Masterstudiengang für Space Systems starten konnten, begeistert mich.

**Was ist Ihre Vision für den Bereich Space?**

In den nächsten fünf Jahren wollen wir den neuen Masterstudiengang als einer der besten weltweit etablieren und weitere Unterrichtselemente in der Weiterbildung oder im Grundstudium prüfen. In der Forschung sollten wir bis dann zwei bis drei Grossprojekte haben: zum Beispiel einen Erdbeobachtungssatelliten, der zumindest teilweise an der ETH gebaut wurde, oder vielleicht einen

ETH-Roboter, der auf dem Mond landet. Zudem wollen wir in der Schweiz einen Innovationscluster im Bereich Space aufbauen, indem wir etablierte Firmen zusammenbringen und Gelder finden, um Start-ups wachsen zu lassen. Ich möchte auch, dass wir uns besser vernetzen. Die Schweiz ist zu klein für einen Konkurrenzkampf unter den Universitäten.

**Wieso ist die Weltraumforschung überhaupt wichtig für die Schweiz?**

Die Weltraumforschung passt perfekt zur Schweiz: Es geht um hohe Qualität und gutes Engineering – Dinge, für die die Schweiz bekannt ist. Zudem handelt es sich um einen stark wachsenden Markt. Die Schweiz hat hier gute Chancen, sich als Standort für Firmen zu positionieren. Wir wollen sicherstellen, dass die Schweiz diese Chance nutzt, wettbewerbsfähig bleibt und ihre internationale Sichtbarkeit erhöht. So können wir uns die Einzigartigkeit der Schweiz zum Vorteil machen und Dinge tun, die sonst niemand kann. Es gibt jetzt schon viele Bereiche, in denen die Schweiz führend ist, etwa bei der Zeitmessung oder bei der Herstellung von Sensoren. Wir haben hier sehr gut ausgebildete Leute – an den Hochschulen und in den Betrieben. Das ist entscheidend.

**Was müssen wir tun, um das Potenzial in der Schweiz voll auszuschöpfen?**

Es braucht zum einen mehr Zusammenarbeit zwischen etablierten Firmen, Start-ups und Hochschulen. Hier wollen wir zum einen mit dem Bereich Space einen Beitrag leisten. Zum anderen brauchen wir eine neue Fehlerkultur, denn nur mit diesem Ansatz können wir Grosses erreichen. Etwas zu wagen und dabei Fehler zu machen, sollte weniger stigmatisiert werden. Es ist wichtig, dass wir unsere Ziele so hoch ansetzen, dass wir auch mal scheitern und daraus lernen können. Wir brauchen Menschen, die an die Zukunft glauben und grosse Probleme lösen wollen, und wir sollten solche Menschen auch finanziell stärker unterstützen. Dazu braucht es die Mithilfe der ETH und auch der Politik.

**Welchen Stellenwert hat der Weltraum für die Forschung an der ETH?**

Viele Forschungsbereiche an der ETH – von der Physik über die Erdwissenschaften bis zum Bauen – haben immer mehr mit Beobachtungen aus dem Weltraum zu tun. Wir sollten die Daten selbst verstehen können und auch mitbestimmen, wie wir die Erde beobachten. Dafür müssen wir die Experimente rasch vom Labor ins Weltall bringen. Unser Ziel ist daher, die Kooperationen mit Unternehmen aus der Raumfahrt auszubauen und eine führende Rolle bei grossen Missionen der ESA, NASA und weiterer Raumfahrtagenturen einzunehmen. →



# «Daten aus dem Weltall helfen uns zu verstehen, wie sich unsere Welt verändert.»

## **Der Zugang zum All wird einfacher, vor allem dank kommerzieller Akteure. Wie beurteilen Sie diese Entwicklung?**

Die Kosten, in den Weltraum zu gehen, sinken schon seit einiger Zeit, und dieser Trend wird auch in Zukunft anhalten. Dadurch wird es für Forschende einfacher und günstiger, Experimente auf den Mond oder ins Weltall zu bringen. Wir haben heute den Vorteil, dass wir auf bestehenden Systemen aufbauen können und zum Beispiel keinen neuen Satelliten bauen müssen, um ein Experiment im All durchführen zu können.

## **Würden Sie selbst ins All gehen?**

Ja, absolut. Früher musste man sich über fünf Jahre lang vorbereiten, um ins Weltall gehen zu können. Diese Lebenszeit wollte ich nicht opfern. Wenn ich heute nur ein paar Monate trainieren müsste und dann mit einer Mission ins All gehen könnte, wäre ich sofort dabei. Vor allem, wenn ich dort ein wichtiges Experiment durchführen könnte, zum Beispiel, wenn ich einen Quantensensor der ETH mitnehmen und testen könnte.

## **Aktuell wird viel über die Rückkehr zum Mond gesprochen. Was versprechen wir uns davon?**

In der Regel geht es um diese Dinge: um Forschung, um nationale Interessen und Prestige sowie Innovation, und um Inspiration. In jedem Land sind diese Bereiche etwas anders gewichtet. China zum Beispiel hat starke nationale Interessen, es will Macht demonstrieren, ist aber auch stark in der Forschung. Indien braucht das Mondprogramm zur Inspiration und zur Innovationsförderung. Wenn ich eine Milliarde hätte, würde ich sie teilweise investieren, um auf den Mond zu gehen. Nicht primär, um die Menschen dorthin zu bringen, sondern um die Wissenschaft zu fördern.

## **Wie weit weg sind wir von einer permanenten Basis auf dem Mond entfernt?**

China ist hier am nächsten dran, es möchte diesen Schritt im Jahr 2035 erreichen. Die Ameri-

kaner waren 1969 die ersten Menschen auf dem Mond. Aber der Mond ist nicht mehr dazu da, um Fussabdrücke und Fahnen zu hinterlassen. Wir sollten den Mond als Forschungslabor und allenfalls auch zur Gewinnung von Ressourcen nutzen.

## **Wenn China zuerst eine permanente Basis auf dem Mond errichtet: Wird es seine Forschungsdaten mit anderen Partnern teilen?**

Als internationale Gemeinschaft haben wir noch keine allgemeingültigen Regeln für die Zusammenarbeit auf dem Mond gefunden. Diese müssten die Nutzung von Ressourcen, die wir auf dem Mond finden, gleichermassen regeln wie den freien Austausch von Daten. Wir müssten hier einen Konsens erzielen – unabhängig davon, wer zuerst dort ist. Ich könnte mir vorstellen, dass die Schweiz als neutrales Land eine wichtige Rolle in dieser internationalen Diskussion übernehmen könnte.

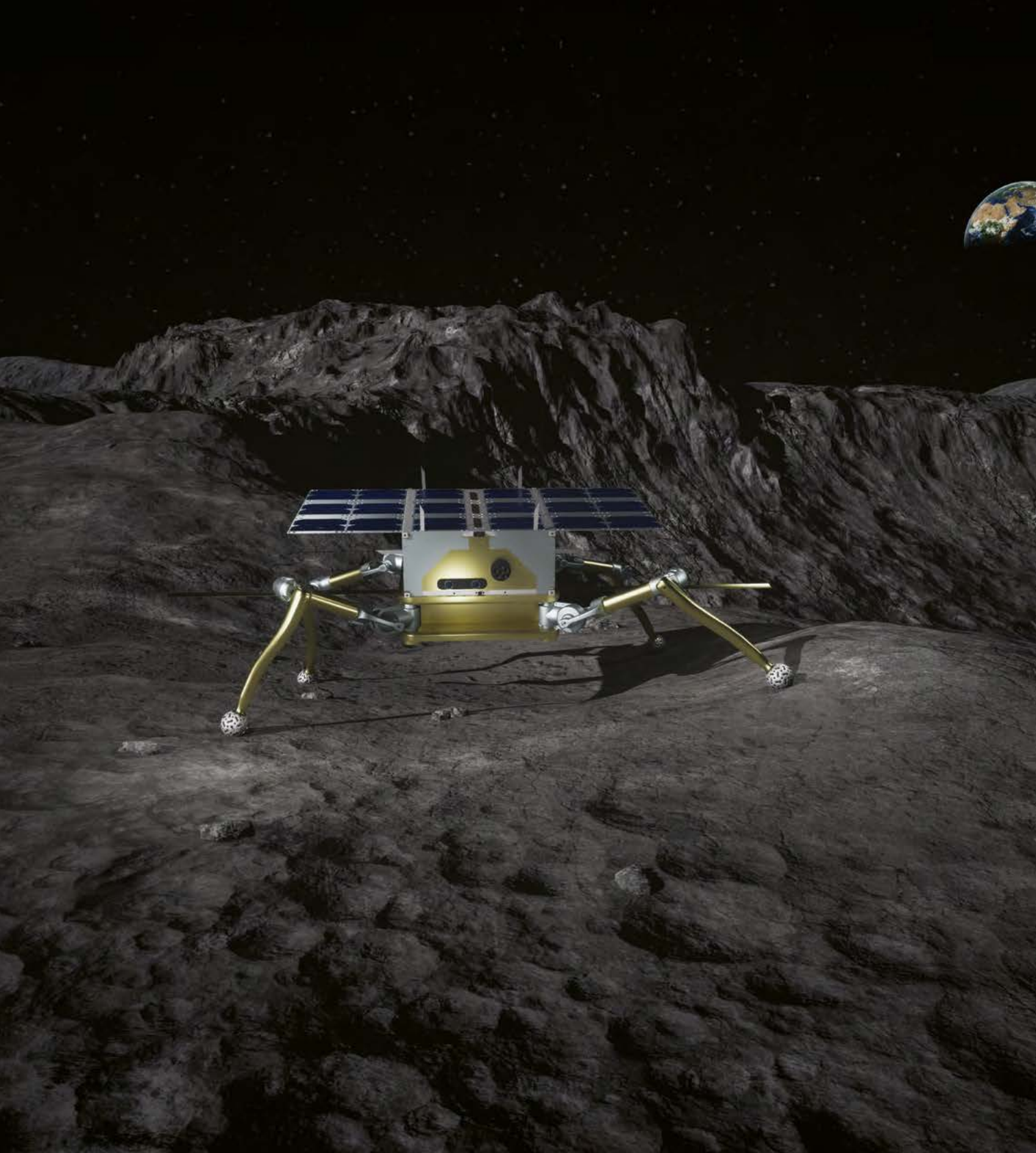
## **Vom Mond zum Mars. Wann werden wir Menschen den Mars erreichen?**

Das hat viel mit Geld, Glück und auch mit regulatorischen Dingen zu tun. Der Mars ist eine viel grössere Herausforderung als der Mond, weil es auf dem Mars vielleicht Leben gibt. Wir wollen unbedingt vermeiden, dass der Mars durch uns Menschen unwiederbringlich kontaminiert wird. Wir müssen sicherstellen, dass die nächste Generation unsere Forschung weiterführen kann. Daneben gibt es aber auch noch grosse technische Probleme zu lösen. Wie kann der Mensch über lange Zeit mit der starken Strahlung umgehen, und wie kann man die Menschen sicher wieder zurück auf die Erde bringen?

## **Warum sollten wir zum Mars gehen, ausser, dass uns die Neugier dorthin treibt?**

Die Wissenschaft auf dem Mars ist viel interessanter als auf dem Mond. Man kann den Mars als eine Art «kaputte Erde» ansehen. Es hatte dort Ozeane, eine dicke Atmosphäre. Was ist passiert, dass das heute nicht mehr so ist, und was können wir daraus lernen? Wie beim Mond spielen auch hier die nationalen Interessen und die Neugier eine Rolle. Dass Astronauten auf dem Mond waren, hat die ganze Welt inspiriert, hat neue Technologien gebracht, die wir heute nutzen. Das wird beim Mars auch so sein. ○

→ [space.ethz.ch/de/](https://space.ethz.ch/de/)



## KLEINER ROBOTER – GROSSE SCHRITTE



Ein internationales Team um Anna Mittelholz und Simon Stähler forscht an einem Roboter, der in Zukunft unseren Mond erkunden soll. Der rund zehn Kilogramm leichte LunarLeaper wird am Robotics Systems Lab entwickelt und basiert auf dem ebenfalls an der ETH entstandenen SpaceHopper. Der Laufroboter ist mit geophysikalischen Instrumenten und Kameras ausgestattet und soll so mögliche vulkanische Höhlensysteme aufspüren.

# Bei diesen Missionen fliegt ETH mit

Die ETH Zürich ist an mehreren Missionen im All beteiligt. Forschende suchen mit Satelliten Lebensspuren auf Exoplaneten oder mit einer Weltraumantenne nach Gravitationswellen. Ohne starke Partner aus der Raumfahrt geht es aber nicht.

TEXT Michael Keller



## James-Webb-Space-Teleskop



Grösstes und leistungsstärkstes Weltraumteleskop seit Hubble. Es besteht aus einem Spiegel, vier Infrarot-Messgeräten und einem Segel, das die Sonne abschirmt. Es ermöglicht, tief ins All und bis zu den Anfängen des Universums zurückzublicken.

**Mission** 2021 erfolgreich gestartet

**ETH-Beitrag** Das ETH-Institut für Teilchenphysik und Astrophysik koordiniert die Beiträge der Schweizer Forschung und Industrie.

Bild: NASA

**ETH-TECHNOLOGIE** Verschlussdeckel und elektrische Verbindungskabel für das Messinstrument im mittleren Infrarotbereich (MIRI-Konsortium)



## SpaceHopper



Ein dreibeiniger Erkundungsroboter, der Asteroiden und andere Himmelskörper mit geringerer Masse als die der Erde hüpfend erkunden kann.

**Mission** LunarLeaper – Nachfolger von SpaceHopper – eignet sich für die Erkundung des Mondes.

**ETH-Beitrag** Ein zehnköpfiges Team von ETH-Studierenden hat den Weltraum-Hüpfer als Fokus-Projekt während zweier Semester von Grund auf entwickelt.

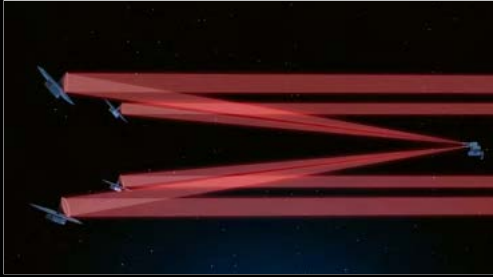
Bild: Dominik Lindagger

**LUNARLEAPER** baut auf dem Design von SpaceHopper auf und ergänzt Methoden zur Erforschung von Lavaröhren auf dem Mond. Siehe Bildserie Seite 19.





## LIFE – Large Interferometer for Exoplanets



Fünf Satelliten im Verbund bilden ein mächtiges Infrarot-Teleskop, um erdähnliche Planeten zu studieren und in deren Atmosphären Spuren von Leben zu identifizieren.

**Mission** Geplant bis 2040

**ETH-Beitrag** LIFE ist eine internationale Weltraummission, die an der ETH am Centre for Origin and Prevalence of Life entstand und weitergeführt wird.

Bild: ETH Zürich / Life Initiative



## InSight



Unbemannte Marsmission der NASA mit geophysikalischen Instrumenten, um das Innere des Roten Planeten zu erforschen.

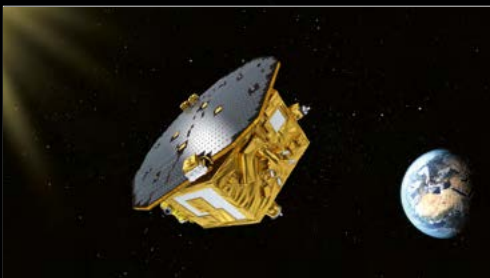
**Mission** 2018 erfolgreich gelandet, Ende 2022 letzter Kontakt

**ETH-Beitrag** Ein Seismometer an Bord, ausgestattet mit Datenerfassungs- und Steuerungselektronik der ETH, registrierte Marsbeben und Meteoriteneinschläge und übermittelte die Daten während vier Jahren an die ETH Zürich.

Bild: NASA



## LISA Pathfinder



Vorbereitende Raumsonde für die ESA-Mission LISA – eine Weltraumantenne zum Nachweis von Gravitationswellen, wie sie Albert Einstein voraussagte.

**Mission** 2017 erfolgreich abgeschlossen

**ETH-Beitrag** Die Forschungsgruppe für Seismologie und Geodynamik der ETH ist Teil internationaler Konsortien der ESA für die Vorbereitungs- und Hauptmission LISA.

Bild: ESA / C. Carreau

Mehrere ETH-Gruppen werteten die Daten aus und konnten anhand eines starken Bebens die Dicke der Marskruste bestimmen.

**ETH-TECHNOLOGIE** Steuerelektronik des Gravitations-Referenzsensors – das Herzstück des LISA-Messsystems.

Laser Interferometer Space Antenna (LISA) ist das künftige Observatorium für Gravitationswellen im Weltall und soll ab 2037 neue Einsichten zum Urknall, zur Entwicklung des Universums sowie zu Einsteins Relativitätstheorie ermöglichen.

Kriegsverbrechen dokumentieren, Impfkampagnen unterstützen, Schneehöhen identifizieren, den Klimawandel verfolgen: Das Potenzial der Erdbeobachtungen mit Satelliten ist enorm. Das machen sich auch ETH-Forschende zunutze.

TEXT Barbara Vonarburg

# Was der Blick aus dem All enthüllt

Aus 700 Kilometern Höhe senden Satelliten der Europäischen Weltraumorganisation ESA Radarstrahlen zur Erde. Diese werden zurückgestreut und liefern selbst bei bedecktem Himmel Bilder der Erdoberfläche. Konrad Schindler und sein Team interessieren sich besonders für die Radarbilder der Ukraine. «Die Satelliten überfliegen das Land alle paar Tage und liefern so eine Art Zeitlupenvideo», erklärt der Leiter des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie an der ETH Zürich. «Dabei ändert sich das Signal, wenn intakte Häuser zu einem Trümmerfeld werden.» Denn die Radarstrahlen werden an glatten Oberflächen stärker reflektiert als an rauhen.

Allerdings wären Menschen überfordert bei der Analyse der frei zugänglichen Bilderflut. Diese Aufgabe erfüllt ein automatisches Monitoring-System, das auf künstlicher Intelligenz (KI) basiert. «Das heisst, man überlässt es dem Computersystem, typische Muster in den Daten statistisch zu erkennen», erklärt Schindler. Für dieses maschinelle Lernen wird das KI-System mit Beispielbildern trai-

niert, bei denen man mit Sicherheit ein zerstörtes Gebäude sieht, das vorher noch ganz war.

Diese Referenzdaten stellte das Satellitenzentrum der UNO (UNOSAT) zur Verfügung. Dort identifizieren Expertinnen und Experten solche Gebäudeschäden punktuell in mühsamer Handarbeit anhand hochaufgelösten Bildmaterials kommerzieller Anbieter, um Kriegsverbrechen wie die Bombardierung ziviler Einrichtungen zu dokumentieren. «Unser Monitoring-System ersetzt diese Fachleute keineswegs», sagt Schindler. «Aber weil es grosse Flächen abdecken kann, gibt es ihnen wichtige Hinweise, wo sie genauer hinschauen sollten.»

**KARTEN FÜR HILFSORGANISATION** Die Kartierung von Kriegsschäden ist eines von zwei Projekten, welche die ETH-Forschenden in Zusammenarbeit mit dem Internationalen Komitee vom Roten Kreuz (IKRK) durchführten. «Beim zweiten Projekt ging es um die scheinbar sehr einfache Frage: Wo sind die Leute?», erzählt Schindler. Plant das IKRK eine Impfkampagne oder eine Hilfsaktion nach einer Naturkatastrophe, braucht es Daten zur Bevölkerungsdichte, die jedoch in weniger entwickelten Ländern oft fehlen. Diese Lücke füllen die Bevölkerungskarten, welche Schindlers Gruppe anhand von Satellitendaten erstellt.

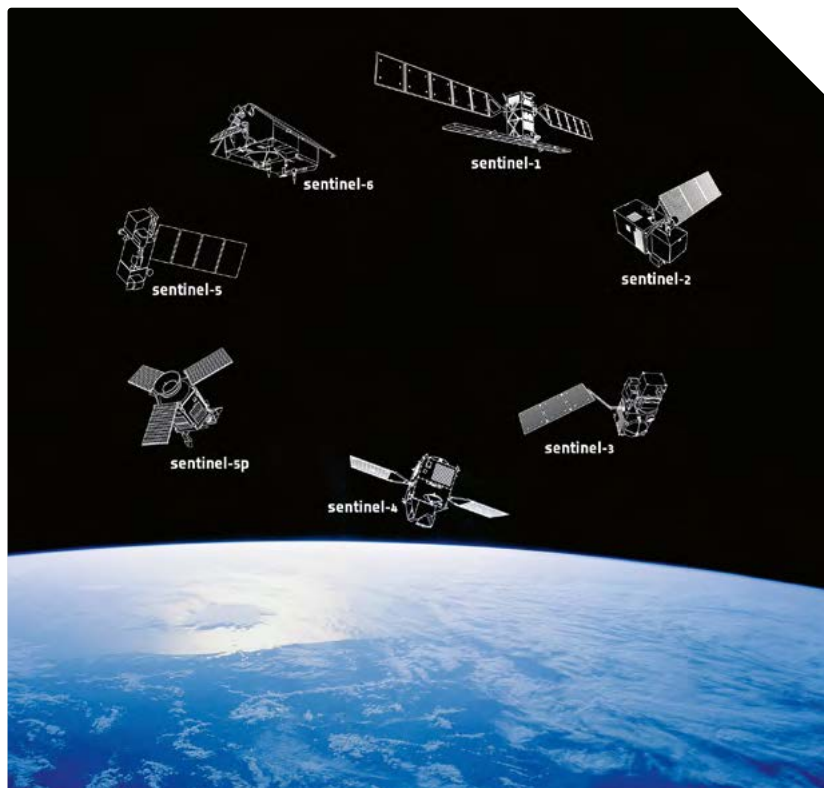
Die ETH-Forschenden nutzen Satellitenbeobachtungen in Kombination mit maschinellem Ler-

nen für verschiedenste Bereiche. So entwickelten sie in Zusammenarbeit mit dem Schweizer Start-up ExoLabs ein System, das die Schneehöhe schneller und präziser misst als bisher möglich. Satellitenbilder und digitale Höhenkarten lieferten erste Schätzungen der Schneebedeckung in der Schweiz. Aus Vergleichen mit genauen Daten, gesammelt von einem Flugzeug und Messstationen am Boden, lernte das System, die Schätzung aufgrund der Satellitenbilder zu verbessern. Nun liefert es tagesaktuelle Schneehöhenkarten, die demnächst auf den Markt kommen sollen.

Bereits frei verfügbar ist eine globale Karte der Baumhöhen, die vor allem ökologischen Zwecken dient und ebenfalls auf Satellitendaten basiert. «Aus dem Weltall sieht man zwar nicht, wo ein Baum anfängt und aufhört, doch das reflektierte Signal enthält dennoch überraschend viel Information, vor allem im Infrarotbereich, in dem die Vegetation besonders aktiv ist», erklärt Schindler. Wie diese lokalen Beleuchtungsmuster mit der Baumhöhe zusammenhängen, lernte ein Computerprogramm anhand von Beispielen, die ein Laserscanner an Bord der Internationalen Raumstation (ISS) lieferte. Je nachdem, ob die Laserpulse von den Baumkronen oder dem Boden reflektiert werden, verschiebt sich deren Laufzeit minimal. Daraus lässt sich die Höhe der Vegetation ableiten.

**FRÜHWARNSYSTEM FÜR WÄLDER** «Die weltweite Kartierung der Baumhöhen ist äusserst interessant, weil sie Informationen über das Alter der Bestände enthält», sagt Verena Griess, Leiterin des Instituts für Terrestrische Ökosysteme an der ETH Zürich. Auch sie und ihr Team arbeiten mit Satellitendaten, um Informationen zum Zustand von Bäumen zu erhalten. «Mit dem Klimawandel befinden wir uns in einem Zeitalter des rapiden Umschwungs, auch was unsere Wälder angeht, und Probleme durch Schädlingsbefall, Windwürfe, Feuer und Trockenstress werden häufiger», sagt die Professorin für das Management Forstlicher Ressourcen.

Mithilfe von Satellitendaten wollen die Forschenden ein Frühwarnsystem erstellen, das bei Handlungsbedarf in einem gestressten Wald anschlagen soll, selbst wenn die Signale mit dem menschlichen Auge noch nicht sichtbar sind. Ein solches System könnte in dünn besiedelten Gebieten bereits kleine Feuerherde entdecken oder in der Schweiz aufzeigen, wo Massnahmen nötig →



Die Sentinel-Satelliten der ESA sind öffentliche Erdbeobachtungssatelliten, mit denen auch Forschende der ETH arbeiten.

Bild: ESA



sind, damit uns der Wald weiter vor Naturgefahren schützt. Satellitendaten könnten aber auch Gebiete identifizieren, die sich besonders für die Produktion von Holz eignen, oder solche, die man wegen der hohen Biodiversität unter Schutz stellen möchte. «Wir wollen sicherstellen, dass man für jeden Ort die richtige Entscheidung trifft», erklärt Griess.

Zurzeit arbeiten die Forschenden an einem Modell, das auf Satellitenbildern Baumarten automatisch erkennen kann. Anhand von verifizierten Standorten bestimmter Arten wie Buchen, Fichten oder Lärchen lernt das Modell, die entsprechenden Muster auf den Satellitenbildern zu erkennen. Mit sogenannten Hyperspektralsensoren sammeln Satelliten aber auch Informationen, die in einem durch Menschen nicht sichtbaren Bereich liegen und Aufschluss über den Gesundheitszustand von Bäumen geben. Denn damit kann man den chemischen Gehalt bestimmter Substanzen in den Blättern messen und wie sich deren Konzentration verändert, was zum Beispiel in frühen Stadien von Befall durch Schädlinge der Fall sein kann.

Die zweidimensionalen Satellitenbilder können zudem verknüpft werden mit 3D-Daten, die Laserscanner aus dem All sowie von Flugzeugen oder Drohnen und vom Boden aus liefern. Mit dem kürzlich in Betrieb genommenen Supercomputer Alps der ETH sollen die Datenanalysen beschleunigt und die Modelle noch besser trainiert werden. «Damit, mit den hervorragenden Studierenden und der guten Zusammenarbeit zwischen den Professuren und den anderen Institutionen des ETH-Bereichs hat die Schweiz eine Expertise, die man sonst nirgends so geballt findet», sagt Griess.

**GPS-TECHNIK UMFUNKTIONIERT** Der Zustand von Waldbäumen lässt sich auch anhand von Signalen untersuchen, die von GPS-Satelliten ausgesendet werden. Platziert man eine Empfangsstation unter einem Baum und eine zweite weiter entfernt, so lässt sich aus der Differenz der empfangenen Signale berechnen, wie viel Biomasse im Baum gespeichert ist. «Es ist erstaunlich, was man mit einer Technik machen kann, die eigentlich für etwas ganz anderes – die Navigation – entwickelt wurde», sagt Benedikt Soja, Professor für Weltraumgeodäsie.

So installierten Soja und sein Team in Zusammenarbeit mit MeteoSchweiz bei mehreren Wetterstationen, die überall in der Schweiz verteilt sind, günstige GPS-Empfangsstationen. Damit lässt sich messen, wie viel Wasserdampf in der Atmosphäre

vorhanden ist, denn dieser verlangsamt die Radio-signale, welche die Satelliten aussenden. So lässt sich die Feuchtigkeit über einer Station berechnen und damit Regenprognosen verbessern.

Eine Analyse der Messreihen über einen längeren Zeitpunkt liefert zudem Aussagen über den Klimawandel. Wird es wärmer, kann die Atmosphäre mehr Feuchtigkeit, also mehr Wasserdampf, aufnehmen. «Dies wiederum verstärkt den Klimawandel, weil Wasserdampf auch ein Treibhausgas ist – sogar das am häufigsten vorkommende», erklärt Soja. «So lässt sich der Einfluss des Klimawandels auf die Atmosphäre lokal besonders gut bestimmen.» Die GPS-Messungen zeigen, dass es im Durchschnitt feuchter, in einigen Regionen aber auch trockener geworden ist.

Mithilfe einer anderer Messtechnik verfolgen die Forschenden das Abschmelzen der Eisschilde in Grönland und der Antarktis. Zwei Satelliten, die knapp hintereinander fliegen, erfassen das Schwerefeld der Erde. Dieses variiert, je nachdem, wie viel Masse an einem bestimmten Ort vorhanden ist. «So können wir aus dem Weltraum Massenverlagerungen messen», erklärt Soja. Mithilfe anderer Satelliten, die Höhenmessungen durchführen, lassen sich diese Messungen weiter verfeinern. «Wir sehen, dass Jahr für Jahr in den Polarregionen riesige Mengen an Eis abschmelzen und den Meeresspiegel ansteigen lassen – Hunderte Gigatonnen, einen riesigen Eiswürfel, so gross wie die Stadt Zürich und über 3000 Meter hoch», sagt Soja. «Diese Beobachtung aus dem All ist die beste Technik, um die Folgen des Klimawandels in Bezug auf die Eisschilde zu verfolgen.» ○

**VERENA GRIESS** ist Professorin für das Management Forstlicher Ressourcen am Departement Umweltsystemwissenschaften der ETH Zürich.

—> [form.ethz.ch](http://form.ethz.ch)

**KONRAD SCHINDLER** ist Professor für Photogrammetrie und Fernerkundung am Departement Bau, Umwelt und Geomatik der ETH Zürich.

—> [prs.igp.ethz.ch](http://prs.igp.ethz.ch)

**BENEDIKT SOJA** ist Professor für Weltraumgeodäsie am Departement Bau, Umwelt und Geomatik der ETH Zürich. Diese Professur wurde durch den Dr. Alfred und Flora Spälti Fonds gefördert.

—> [space.igp.ethz.ch](http://space.igp.ethz.ch)

## ASTEROIDEN ERZÄHLEN VOM ANFANG



Asteroiden sind Relikte aus der Entstehungszeit unseres Sonnensystems. Vor Milliarden von Jahren formten sich aus Gas und Staub Gesteinsbrocken und daraus die Planeten.

Doch manche dieser Brocken umkreisen als Asteroid noch heute die Sonne. Fällt ein solcher als Meteorit auf die Erde, ist er für die Wissenschaft von grossem Wert. Forschende um Maria Schönbächler, ETH-Professorin für Kosmochemie, haben metallische Asteroidkerne analysiert und wichtige Erkenntnisse über die Frühgeschichte unseres Sonnensystems gewonnen.







Bild: SAGE

# Startklar für den Space-Master

Kaum ein anderer Lehrgang der ETH Zürich hat so viel Aufmerksamkeit erregt wie der neue Space-Systems-Masterstudiengang. Diesen Herbst haben Dozierende und Studierende losgelegt.

TEXT Peter Rüegg

Das ARIS-Team SAGE CubeSat setzt einen Prototyp des würfelförmigen Satelliten zusammen.

Der kleine Hörsaal E41 im ETH-Hauptgebäude ist gut gefüllt, und das lange bevor die Vorlesung beginnt. Fast dreissig Studierende warten gespannt auf den Dozenten, der gleich seine erste Vorlesung im Rahmen des neuen Masterstudiengangs Space Systems der ETH halten wird.

Thomas Zurbuchen erscheint pünktlich, hält einen Kaffeebecher in der Hand. Gleich zu Beginn macht er den Studierenden klar, was sie von ihm erwarten dürfen – weitreichende Verbindungen in die Raumfahrtbranche – und was er im Gegenzug von ihnen erwartet: dass sie nach ihrem Masterabschluss in dieser Industrie Fuss fassen – genau wie viele seiner früheren Studierenden, als Zurbuchen Wissenschaftsdirektor bei der NASA war. Mehrere seiner ehemaligen Schützlinge arbeiten bei SpaceX, jemand war Mission Systems Engineer der DART-Mission, die zeigen sollte, dass die NASA einen Asteroiden abfangen kann. «Das ist meine Erwartung an euch: Ihr tut es ihnen gleich oder macht es sogar besser.»

Dass die ETH Zürich nun den Space-Systems-Master anbieten kann, geht tatsächlich auf Zurbuchens Idee zurück. 2023 kam er an die ETH Zürich mit der Vision, einen solchen Lehrgang zu etablieren, um Nachwuchs für die Raumfahrtindustrie auszubilden. Die Idee stiess innerhalb der ETH und bei Studierenden auf Anklang, zum Beispiel bei der studentischen Space-Initiative ARIS, aber auch bei Studierenden der Astrophysik oder der Planetenwissenschaften. Mitte September 2024 hat der Lehrgang mit 28 Studierenden begonnen. Auf die ausgeschriebenen Studienplätze gingen 90 Bewerbungen ein. 35 Studierende erhielten den Zuschlag, 7 davon sagten wieder ab.

Wie die Vorstellungsrunde in Zurbuchens erster Vorlesung zeigt, haben die Studierenden unterschiedliche Vorbildungen: Da sitzt ein Materialwissenschaftler neben einem Maschinenbauer, die Erdwissenschaftlerin neben einer Physikerin, ein Biochemiker hat einen Computerwissenschaftler als Banknachbarn.

Die Zügel in der Hand hält Geophysiker Simon Stähler: Er ist Studiendirektor des Space-Masters. Seine Aufgabe war und ist es, Zurbuchens Vision umzusetzen, das Curriculum zu entwickeln, sich zu

überlegen, welche Departemente mitmachen sollen oder welche neuen Vorlesungen dafür zu entwickeln sind.

**SYSTEME PLANEN LERNEN** Im Zentrum des Studiengangs steht das Systems-Engineering. Die Studierenden lernen, welches die wichtigen Subsysteme eines Raumschiffs sind und wie sie zusammenspielen. Aus diesem Verständnis heraus sollen sie ein wissenschaftliches Instrument integrieren und erfassen, wie man darauf basierend das gesamte Raumschiff auslegt. «Damit fördern wir das Systemdenken bei den Studierenden», sagt Stähler. Zudem sollen die angehenden Systemingenieur:innen lernen, was sie tun müssen, wenn das vorgesehene wissenschaftliche Instrument plötzlich grösser wird, weil die an einer Mission beteiligten Forschenden eine grössere Kamera haben möchten. «Sie müssen Kosten abschätzen können und verhindern, dass diese ausser Kontrolle geraten», erklärt Stähler den Lernansatz.

Dazu müssen die Dozierenden den Studierenden auch eine gemeinsame Sprache zwischen Ingenieur:innen und Wissenschaftler:innen vermitteln. «Wenn die Forschenden sagen, dass sie ein doppelt so grosses Instrument wollen, dann wünschen sie vielleicht nur eine bessere Auflösung, die sich anders erreichen lässt als mit einem doppelt so grossen Instrument», sagt Stähler aus eigener Erfahrung: Er war an der InSight-Mission der NASA beteiligt, mit der das Innere des Mars erforscht wurde.

**KONKRET STATT ABSTRAKT** Im Studiengang arbeiten die Studierenden vor allem anhand konkreter Projekte und werden zusammen mit Industriepartnern Geräte für Weltraummissionen entwickeln. Mitte September haben deshalb die Studiengangsleiter von Industriepartnern Vorschläge für Space-Missionen erhalten. Bereits im ersten Semester entwickeln die Studierenden dazu Konzepte, zum Beispiel wie sie mit Radar aus dem All die Schneehöhen in den Alpen messen können. Die Studierenden müssen auch berechnen, wie gross und teuer ein solcher Satellit wäre.

«Wir wollen keine Theoretiker ausbilden», sagt Florian Kehl, Dozent am Departement Erd- und Planetenwissenschaften, der ebenfalls im neuen Masterstudiengang unterrichtet. Der Master vermittele Theorie und Praxis. Die Nähe zur Wirtschaft und Industrie sei gewollt. «Wir haben bei Industrieunternehmen nachgefragt, welche Art von →



Absolventinnen und Absolventen sie brauchen, und darauf aufbauend haben wir den Lehrgang konzipiert», sagt Kehl.

Zudem sollen die Studierenden – auch das ist eine Neuerung in diesem Studiengang – in interdisziplinären Gruppen an diesen Projekten arbeiten. «Wir möchten nicht, dass am Ende Teams aus nur Maschinenbauern oder nur Erdwissenschaftlerinnen etwas entwickeln», so Kehl.

**WACHSENDES INTERESSE** Nicht nur Studierende von Schweizer Hochschulen spricht der neue Studiengang an, es besteht auch ein grosses internationales Interesse am Space-Master der ETH. «Wir haben bereits jetzt Dutzende von Interessenten aus dem Ausland», sagt Stähler. «Wir erhalten sogar Anfragen von Studierenden jener Hochschulen, die traditionell Luft- und Raumfahrttechnik anbieten, wie Mailand, Toulouse oder München.» Im November öffnete sich das Anmeldefenster international.

Stähler weist aber darauf hin, dass der ETH-Studiengang anders ausgerichtet ist als diejenigen in Toulouse, München oder Mailand. «Hier bilden wir niemanden aus, der sich ausschliesslich mit Raketentriebwerken beschäftigt. An der ETH gibt es keine entsprechenden Professuren.»

**ARIS ALS VORBEREITUNG** Einer der ausgewählten Studierenden ist Maximilian Leeb. Er hat zwei Bachelorabschlüsse in Chemie und in Maschinenbau. Jetzt will er im Bereich Space Systems durchstarten. Am neuen Studiengang interessiert ihn vor allem der Systemgedanke. Er schätzt es, dass nicht nur Theorie, sondern viel praxisnahes Wissen vermittelt wird. Dem pflichtet seine Kommilitonin Chloé Pilloud bei: «Ich erhoffe mir, dass wir viele neue Dinge über den aktuellen Stand der Space-Branche lernen, jedoch auch ein Gefühl dafür bekommen, wie sie sich weltweit entwickelt.»

Ihre Passion für die Raumfahrt gelebt hat Pilloud im Verein ARIS, dessen Präsidentin sie derzeit ist. «Momentan lerne ich bei ARIS viel in meiner Funktion als Präsidentin. ARIS gibt mir die Möglichkeit, mich in dieser Rolle weiterzuentwickeln und mich dabei selbst kennenzulernen.» Sie könne hier ihren persönlichen Führungsstil entwickeln, was

sie auch im Masterstudium anwenden könne. «Weil wir dort ebenfalls viele Projekte durchführen, teilweise bereits mit der Industrie, müssen wir den Überblick über die technischen Aspekte haben, aber auch die Führung eines Projekts dürfen wir nicht vergessen.»

Auch Maximilian Leeb hat ARIS-Erfahrung: Während seines Chemiestudiums hat er bei ARIS angefangen und ist bis zum Maschinenbau-Bachelor dabei geblieben. In dieser Zeit hat er an der Entwicklung eines hybriden Raketentriebwerks und an mehreren Raketen mitgearbeitet. Raumfahrtinteressierten Studierenden kann er daher ein Engagement bei ARIS empfehlen. «Es ist nicht so wichtig, aus welcher Fachrichtung jemand kommt, um bei ARIS mitzumachen. Jeder, der sich für Raumfahrt begeistert, ist willkommen», betont er. «Dieses Engagement hat mir sehr viel gebracht, nicht nur im Hinblick auf das Space-Masterstudium.»

Allerdings dürfe man vor lauter Begeisterung für die Arbeit im Verein das Studium nicht vernachlässigen. «Viel Engagement bei einem Verein wie ARIS kann sich negativ auf die Noten auswirken. Dessen muss man sich bewusst sein», gibt Leeb zu bedenken.

Ein konkretes Berufsziel haben er und seine Studienkollegin Pilloud noch nicht. Wo er in fünf Jahren sein werde, kann Leeb noch nicht sagen: «Ich sehe mich in einem Bereich, der mit Aerospace zu tun hat, wo ich mein Wissen im Systems-Engineering anwenden kann. Das interessiert mich am meisten, und das vermittelt Thomas Zurbuchen grossartig.» Und Pilloud? «Ich träume davon, Astronautin zu werden – ich hoffe, dass mir dieses Studium dabei hilft, diesen Traum eines Tages wahr zu machen.» ○

**RAKETENBAUER UND TIEFSEEROBOTER** ARIS steht für Akademische Raumfahrt Initiative Schweiz. Gegründet wurde der Verein 2017 an der ETH Zürich von Studierenden verschiedener Hochschulen. Das Ziel war, eine funktionstüchtige Rakete zu bauen. Mittlerweile zählt der Verein 220 aktive Mitglieder und über 500 Alumni. Aktuell arbeiten die Studierenden nicht mehr nur an Raketen und Triebwerken, sondern auch an einem Satellitenwürfel, einem steuerbaren Bremsfallschirm und an einem Unterwasserroboter.

→ [aris-space.ch](http://aris-space.ch)

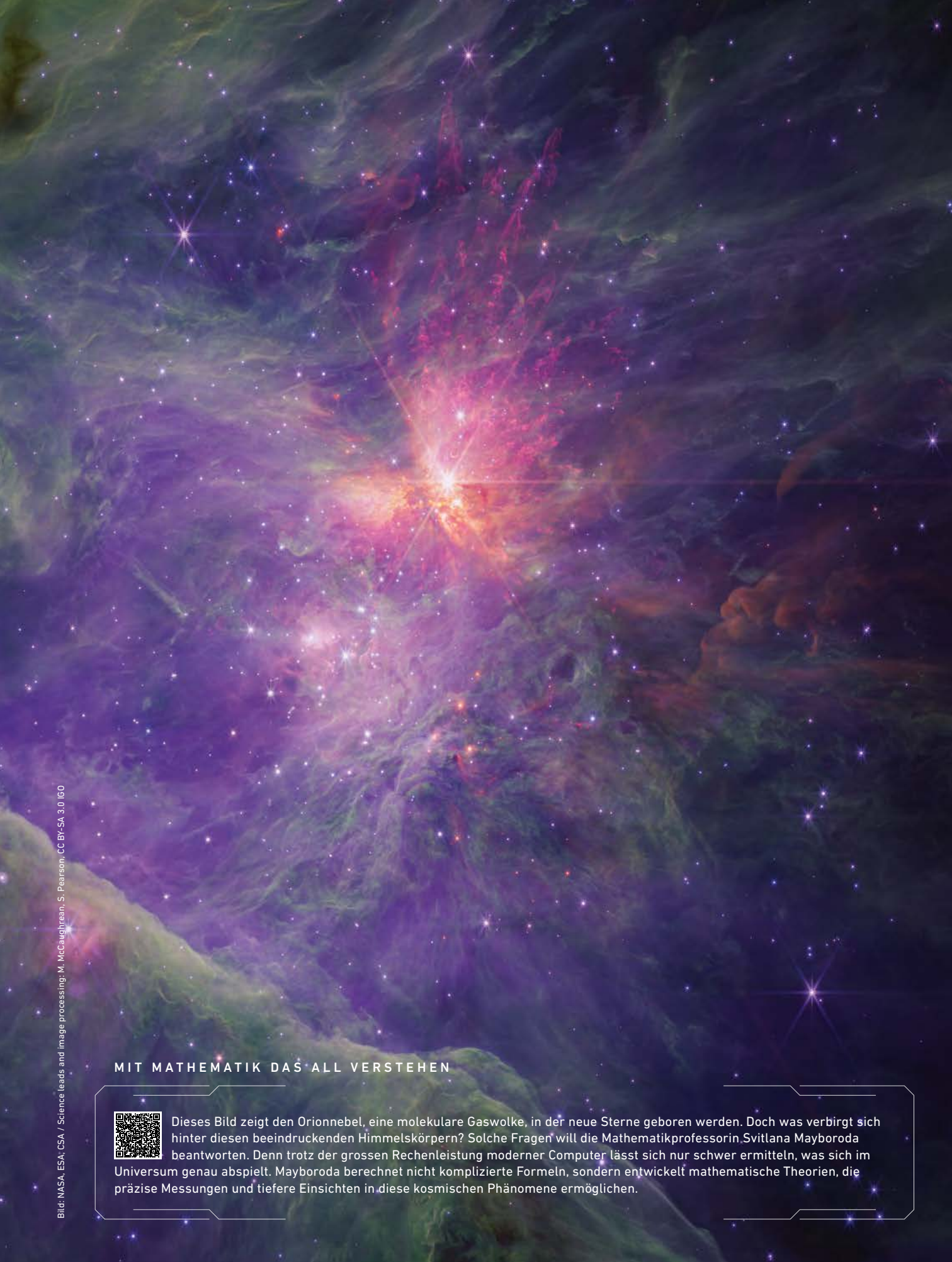


Bild: NASA, ESA, CSA / Science leads and image processing; M. McCaughrean, S. Pearson, CC BY-SA 3.0 IGO

## MIT MATHEMATIK DAS ALL VERSTEHEN



Dieses Bild zeigt den Orionnebel, eine molekulare Gaswolke, in der neue Sterne geboren werden. Doch was verbirgt sich hinter diesen beeindruckenden Himmelskörpern? Solche Fragen will die Mathematikprofessorin Svitlana Mayboroda beantworten. Denn trotz der grossen Rechenleistung moderner Computer lässt sich nur schwer ermitteln, was sich im Universum genau abspielt. Mayboroda berechnet nicht komplizierte Formeln, sondern entwickelt mathematische Theorien, die präzise Messungen und tiefere Einsichten in diese kosmischen Phänomene ermöglichen.



## Autonome Baumaschinen

Das ETH-Spin-off Gravis Robotics entwickelt Technologien, um grosse Baumaschinen autonom zu machen. Ein Beispiel ist ein roboter-gestützter Schreitbagger, der sich in extremer Umgebung fortbewegen und dort arbeiten kann. Dies ermöglicht einen Einsatz in Gefahren-zonen – vielleicht auch auf dem Mond.

→ [gravisrobotics.com](http://gravisrobotics.com)

## Schnelle und robuste Laser

Das ETH-Spin-off Menhir Photonics ist auf ultraschnelle und präzise Laser spezialisiert. Diese sind so robust, dass sie Erschütterungen, Schläge oder unterschiedliche Druckverhält-nisse gut tolerieren können. Die Laser eignen sich für Einsätze in der Luft- und Raumfahrt, können aber auch in Forschungslabors oder in der Telekommunikation zum Einsatz kommen.

→ [menhir-photonics.com](http://menhir-photonics.com)

## Wachsame Roboter

Das Spin-off Ascento entwickelt Roboter, die sich für Sicherheitsdienste nutzen lassen. Die wendigen, zweirädrigen Gefährte nutzen Space-Daten für die Orientierung und Navigation. Sie sind dafür konzipiert, grosse Grundstücke zu bewachen – zu jeder Tageszeit und bei jedem Wetter. Dazu sind sie unter anderem mit einer intelligenten Software, einer 360-Grad-Kamera, einer Wärmebildkamera und mit LEDs ausgestattet.

→ [ascento.ai](http://ascento.ai)

# Abheben mit clevereren Ideen

Start-ups mit Bezug zur Raumfahrt erhalten in der Schweiz Unterstützung vom ESA Business Incubation Centre Switzerland, das von der ETH Zürich betrieben wird. Das Programm ermöglicht Forschenden, mit ihren Ideen als Unternehmen durchzustarten.

TEXT Corinne Johannssen

ILLUSTRATION Tiago Leitao

## Die Mobilität der Zukunft

Das ETH-Spin-off Transcality erstellt komplexe Modelle von Verkehrssystemen. Diese digitalen Zwillinge in Echtzeit erlauben es, die Verkehrsflüsse einer Stadt zu analysieren und zukunftsweisende Mobilitätskonzepte zu simulieren. Die Technologie basiert auf Satellitendaten und Methoden der künstlichen Intelligenz.

—> [transcality.com](https://transcality.com)

## Daten für den Ackerbau

Das ETH-Spin-off Terensis kombiniert Satellitenbilder aus dem All mit Pflanzenmodellen, um einen digitalen Zwilling von Ackerpflanzen zu erstellen. Dieses virtuelle Abbild der Realität zeigt den Zustand von Pflanzen und ihren Früchten in Echtzeit an und kombiniert die Informationen mit lokalen Wetterdaten. Damit lassen sich der Ernteertrag oder Klimarisiken wie Dürre oder Frost voraussagen.

—> [terensis.io](https://terensis.io)

## Start-up-Förderung

Das ESA Business Incubation Centre (ESA BIC CH) Switzerland unterstützt Start-ups, die weltraumbezogene Technologien für die Anwendung auf der Erde nutzen oder Technologien von der Erde für den Einsatz im Weltraum anpassen. Der Inkubator wird von der Europäischen Weltraumorganisation ESA und der ETH getragen. Zahlreiche Gründerinnen und Gründer von unterstützten Start-ups wurden auch von der ETH Foundation gefördert, beispielsweise mit einem Pioneer Fellowship oder einem ESOP-Stipendium.

## Leistungsfähigere Batterien

Das ETH-Spin-off BTRY entwickelt schnell ladende Festkörperbatterien, die resistent gegenüber Temperaturschwankungen sind. Sie können daher sowohl bei sehr hohen Temperaturen, zum Beispiel in Dampfleck-Sensoren, als auch bei sehr niedrigen Temperaturen, wie etwa beim Transport von Medikamenten, eingesetzt werden – oder im All.

—> [www.btry.ch](https://www.btry.ch)

## Kühlende Metallschäume

Das ETH-Spin-off Apheros stellt Metallschäume zur Kühlung her, die über eine extrem grosse Oberfläche und eine hohe Wärmeleitfähigkeit verfügen. Mit ihrer offen-porösen Struktur kühlen die Schäume effizienter als herkömmliche Kühllösungen, ausserdem sind sie leicht: Eigenschaften, die bei einem möglichen Einsatz im Weltraum von Vorteil sind.

—> [apheros.ch](https://apheros.ch)

# COMMUNITY

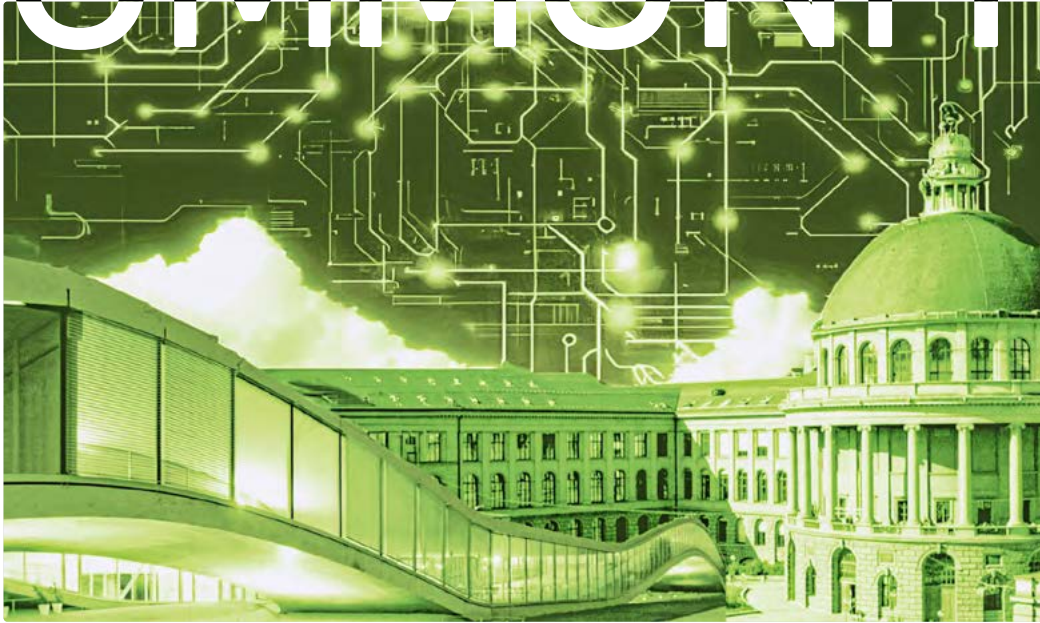


Bild: ETH Zürich

Die ETH Zürich und die EPFL bündeln ihre Kompetenzen, um die künstliche Intelligenz in der Schweiz voranzutreiben. Die KI-unterstützte Fotomontage zeigt das Rolex Learning Center der EPFL und das Hauptgebäude der ETH Zürich.

## ETH und EPFL: gemeinsames Institut für künstliche Intelligenz

Die ETH Zürich und die EPFL verstärken ihr Engagement, die Schweizer KI-Forschung international an die Spitze zu bringen. Das neu gegründete Swiss National AI Institute (SNAI) verfolgt eine nationale Perspektive für KI-basierte Bildung, Forschung und Innovation. Das SNAI wird die Umsetzung der Schweizer KI-Initiative unterstützen, die der ETH-Rat mit zwanzig Millionen Schweizer Franken für die Jahre 2025–2028 finanziert. Das Institut und seine Projekte werden zusätzlich durch Beiträge der ETH, der EPFL und durch Drittmittel gefördert.

Durch die Integration in das ETH AI Center und das EPFL AI Center wird das neue Institut von Anfang an von der Expertise von über siebzig auf KI fokussierten Professuren aus der ganzen Schweiz profitieren. Gemeinsam werden sie unter anderem

das erste nationale, schweizerische Basismodell für Sprachen entwickeln. Das Modell wird sich an Schweizer Werten wie Vertrauenswürdigkeit, Open Source und Transparenz orientieren.

Das SNAI arbeitet mit dem Swiss Data Science Center (SDSC) und dem Swiss National Supercomputing Centre (CSCS) zusammen. Das CSCS entwickelt und betreibt die neue schweizerische Infrastruktur für Hochleistungsrechner und Datenforschung namens Alps (siehe Seite 38). ○



# Neuer Makerspace für Studierende

Dank der Förderung der Georg H. Endress Stiftung kann die ETH Zürich das Angebot des Student Project House (SPH) mit einem Life-Sciences-Makerspace ausbauen. Damit erhalten Studierende der Chemie und der Biowissenschaften die Möglichkeit, ihre sozialen und methodenspezifischen Kompetenzen parallel zum Studium zu erweitern, ihrer Neugierde zu folgen und eigene Ideen voranzutreiben. Der geplante Makerspace spricht gezielt Studierende aus Fachrichtungen an, die aktuell im SPH unterrepräsentiert sind.

Die Präsidentin der Stiftung, Sarah Endress, freut sich, dass Studentinnen und Studenten ihre Ideen in einem praxisnahen Umfeld realisieren können. Sie ist überzeugt, dass die vielfältigen Erfahrungen und neuen Ansätze langfristig auch der Wirtschaft zugutekommen. ○

## Die ETH als Wissensgenerator

Die ETH Zürich feierte am 16. November ihren 169. Geburtstag und hiess Gäste aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft willkommen. Günther Dissertori eröffnete die Veranstaltung mit einer feierlichen Rede. Die diesjährige Festansprache hielt der Bundesrat und ETH-Alumnus Albert Rösti. ETH-Präsident Joël Mesot betonte in seiner Rede, dass die ETH seit jeher eine Brückenbauerin sei, und plädierte für Kräfte, die einen und nicht spalten würden.

In diesem Jahr erhielten gleich fünf herausragende Forschungspersönlichkeiten die Ehrendoktorwürde der ETH Zürich. Jason W. Chin, Scott E. Denmark, Helen H. Hobbs, Maria Leptin und Susan Trumbore konnten diese besondere Auszeichnung entgegennehmen. Die Ehrenratswürde erhielten die Ökonomin Andréa M. Maechler und der Unternehmer und ETH-Alumnus Walter Fust. ○

Bild: Alessandro Della Bella / ETH Zürich



Bundesrat Albert Rösti schloss sein Agronomiestudium 1994 ab. Am ETH-Tag sprach der Alumnus über die symbiotische Verbindung zwischen der Schweiz und der ETH Zürich.

# Werkzeuge für die noch unbekannten Probleme der Zukunft

Worauf kommt es in der Hochschullehre der Zukunft an? Die ETH Zürich gibt in ihrer Vision für die Lehre Antwort darauf. Eines steht fest: Fachwissen allein genügt nicht.

TEXT Michael Walther

Resilienz, Anpassungsfähigkeit und ein souveräner Umgang mit Misserfolgen. Das sind Eigenschaften, die für das Lösen von Problemen der Zukunft wichtig sind und die die ETH noch stärker vermitteln will. So lautet ein Kernsatz aus der «Vision für die Lehre der ETH Zürich», der die Schulleitung im Sommer 2024 zugestimmt hat. Die Vision greift die Frage auf, wie die Herausforderungen im Hochschulbereich in zehn bis fünfzehn Jahren aussehen und wie die ETH Zürich diesen Herausforderungen im Bereich der Lehre begegnen soll.

Das Papier entstand in mehreren Arbeitsgruppen und dient als Kompass für langfristige strategische Diskussionen und Entscheide, zum Beispiel hinsichtlich Lehrinfrastruktur oder Lehrpersonal. Auslöser für die Arbeit an der Vision sind die wachsenden Studierendenzahlen bei stagnierenden Mitteln. «Die ETH will weiterhin hochqualitative Lehre anbieten», sagt Rektor Günther Dissertori. «Deshalb müssen wir uns fragen, worauf es in der Lehre künftig ankommt.» Die Vision nennt für die Lehre der Zukunft vier entscheidende Faktoren:

**ZUM WOHL DER GESELLSCHAFT** Wissen muss schneller in die Gesellschaft und in die Praxis fließen und von dort wieder zurück. Die Gesellschaft erwartet, dass ETH-Abgängerinnen und -Abgänger Wissen zum Wohl der Gesellschaft einsetzen können und wollen. Die ETH soll noch stärker zu einer Drehscheibe zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft werden. Dabei will die Hochschule aber die Nähe zwischen Lehre und Grundlagenforschung nicht aufgeben.

**FACHWISSEN ALLEIN GENÜGT NICHT** Das Ziel eines Studiums ist das Verstehen. Fachwissen bleibt wichtig, genauso aber die Auseinandersetzung mit dem Warum hinter dem Wissen. Studie-



Bild: ETH Zürich

Projektbasiertes Lernen in Teams macht die Studierenden agil im Umgang mit Wissen.

rende müssen verstehen, wie und wozu man Wissen einsetzen kann. Die ETH will Menschen ausbilden, die mit neuen Technologien umgehen können und deren Grenzen kennen.

Ein gutes Mittel dafür ist projekt- und problemorientiertes Lernen in Teams. Die Studierenden üben dabei den Umgang mit dem Unbekannten und lernen auch, wo ihr Wissen an Grenzen stösst. «Diese Art des Lernens fördert ein tiefes Verständnis für die Prinzipien und Werkzeuge ihres Fachs, es macht die Studierenden agil im Umgang mit Wissen», sagt Dissertori.

**FLEXIBLERE STUDIENCURRICULA** Die ETH will bei der Gestaltung von Curricula darauf Rücksicht nehmen, dass Bildungskarrieren vielfältiger werden und Wissen schneller veraltet. Dissertori sagt: «Die klassische Karriere Bachelor-Master-Berufseintritt oder -Doktorat wird sich aufweichen. Studierende werden vielleicht früher schon Berufserfahrung sammeln wollen und ihr Wissen nach einem Abschluss schneller auffrischen müssen.» Deshalb sollen die bisher hoch strukturierten Studiencurricula flexibler und vielseitiger nutzbar werden. Studiengänge und ihre Lehrpläne müssen sich in Zukunft schneller entwickeln können.

**CAMPUS ALS ORT DES AUSTAUSCHS** Der Campus bleibt für die Lehre an der ETH zentral. «Die Universität der Zukunft wird ein Ort bleiben, wo Menschen zusammenkommen und gemeinsam forschen, lehren und lernen, wie man Herausforderungen meistert und Probleme löst», hält die Vision fest. Der Campus ist unverzichtbar für die Forschungs- oder die projektbasierte Lehre, für die Integration der Studierenden in die Fachcommunity, aber auch für den Austausch über die Fachgrenzen hinweg. Zudem benötigt die ETH den Campus als Raum für den Austausch zwischen Wissenschaft und Industrie, zum Beispiel in ihren zahlreichen Weiterbildungsprogrammen.

Voraussetzung für all diese Ziele ist jedoch, dass die ETH attraktiv bleibt und weiterhin die besten Fachexpert:innen, die besten Dozierenden, Mitarbeitenden und Studierenden anzieht. «Der wichtigste Faktor für die Lehre bleiben die Menschen», so Dissertori. ○

## PHILANTHROPIE



**DONALD TILLMAN**  
Geschäftsführer  
ETH Foundation

## Ein Leben für die Wissenschaft

Im vergangenen Jahr verstarb Lucien Trueb. Vielen von Ihnen mag dieser Name ein Begriff sein, war Lucien doch über lange Jahre als Redaktor «Forschung und Technik» bei der NZZ tätig. Ich durfte diesen passionierten Erklärer der Wissenschaft persönlich kennenlernen und war immer wieder beeindruckt von der immensen Breite seiner Kenntnisse – man sagt, die Zeit der Universalgelehrten sei vorbei, aber Lucien Trueb hätte man für einen halten können. Der ETH-Alumnus, der 1960 an der Hochschule in Elektrochemie doktorierte, war nicht nur journalistisch äusserst aktiv, sondern schrieb zahlreiche Bücher. Bis ins hohe Alter engagierte er sich ehrenamtlich für die ETH Foundation, indem er Texte für uns auf Englisch übersetzte. Noch immer begegnet mir Lucien in unserer Arbeit: Er und seine Partnerin Yoshiko Yasukawa, bereits zu Lebzeiten Gönner und Gönnerin, bedachten die ETH Foundation auch mit ihrem Nachlass. Damit fördern sie die ETH – oder, wie es Lucien sagte, «some brilliant minds» – über ihr Leben hinaus, insbesondere in den Bereichen Chemie, Physik und Materialwissenschaften. Wir bewahren dem Paar ein ehrendes Andenken. ○

—> [ethz-foundation.ch/nachlass](https://ethz-foundation.ch/nachlass)



## Junge Talente an Bord

Dank dem Excellence Scholarship & Opportunity Programme (ESOP) erhalten ausgewählte Masterstudierende der ETH Zürich die Möglichkeit, sich ganz auf ihr Studium und ihre Forschung zu konzentrieren. Bewerben können sich jeweils die besten zwei bis drei Prozent eines Jahrgangs. Das vollumfänglich durch Donationen finanzierte Programm zieht nicht nur herausragende Schweizer Studierende an. Die insgesamt 58 Stipendiatinnen und Stipendiaten dieses Jahr stammen aus 23 verschiedenen Ländern. Zum ersten Mal sind Studierende aus Bangladesch, Ghana, der Slowakei sowie aus Taiwan dabei. ○



Bild: Hannes Henzler / ETH Foundation

Die jungen Talente wurden am ESOP Welcome Day 2024 von ETH-Rektor Günther Dissertori (im Bild vorne links) begrüsst.

## Tschechischer Präsident besucht ETH Zürich

Der Auftakt zum zweitägigen Staatsbesuch des tschechischen Präsidenten Petr Pavel fand an der ETH Zürich statt. ETH-Präsident Joël Mesot begrüsst ihn mit seiner Gattin Eva Pavlová und Bundespräsidentin Viola Amherd. Die Gäste eröffneten das Swiss-Czech Biotechnology and Pharmaceutical Forum, das von der tschechischen Botschaft, Switzerland Global Enterprise und dem Wirtschaftsverband Economiesuisse an der ETH durchgeführt wurde. Auch ein informeller Gedankenaustausch mit tschechischen Studierenden und Forschenden fand statt. ○



Bild: Nicola Pitaro / ETH Zürich

Jana Havrdová (tschechische Handelskammer),  
Ruth Metzler (Switzerland Global Enterprise),  
Petr Pavel (Staatspräsident), Viola Amherd (Bundespräsidentin),  
Eva Pavlová, Christoph Mäder (Economiesuisse).

# PERSÖNLICH



**Johannes Bohacek  
untersucht die  
molekularen Grundlagen  
von Stress im Gehirn.  
Ursprünglich wollte  
der Neurowissenschaftler  
Psychotherapeut  
werden.**

**JOHANNES BOHACEK** ist Professor für Molekulare Neurowissenschaften und Verhaltensforschung am Departement Gesundheitswissenschaften und Technologie.

→ [bohacelab.ethz.ch](http://bohacelab.ethz.ch)

## **Wann ist Stress sinnvoll, wann schädlich?**

Die Reaktion des Körpers auf eine Stresssituation ist überlebenswichtig. Sie fördert in Gefahrensituationen unsere Aufmerksamkeit und Reaktionsgeschwindigkeit. Wenn Stress zu intensiv oder chronisch wird und damit unsere Energiereserven aufbraucht, kann er schnell schädlich werden und das Herz-Kreislauf-System oder die mentale Gesundheit aus dem Gleichgewicht bringen.

## **Kann Ihre Forschung etwas zur Prävention beitragen?**

Als Grundlagenforscher wollen wir verstehen, was bei einer akuten Stressreaktion im Gehirn überhaupt abläuft. Dieses Organ ist jedoch äusserst komplex, und es gibt hier noch viel zu erforschen. Langfristig sollte ein besseres Verständnis der Abläufe aber unweigerlich zu neuen therapeutischen Ansätzen führen.

## **Welches Ziel möchten Sie noch erreichen?**

Mein Traum wäre es, bei Mäusen einen biologischen Ansatz zu finden – ein Molekül oder einen Schaltkreis im Gehirn –, um Menschen, die schlecht mit Stress umgehen können, widerstandsfähiger zu machen. Ich bin aber realistisch, meine Gruppe trägt nur einen Teil zu einem grossen Puzzle bei. In der Grundlagenforschung arbeiten die Forschenden wie ein riesiger Ameisenhaufen: Wir grasen alles ab und wenn jemand von uns ein Zuckerkorn findet, haben wir alle gewonnen.

## **Sie haben ursprünglich Psychologie studiert. Wo können Sie heute von diesem Wissen profitieren?**

Ich wollte eigentlich Psychotherapeut werden und scherze manchmal, dass ich das nun in meiner jetzigen Rolle als Führungskraft voll ausleben kann. Aber im Ernst: Es ist wichtig, die Stärken und Schwächen der Mitarbeitenden zu erkennen und in der Teamdynamik zu integrieren, das ist oft eine sehr spannende Herausforderung.

## **Wie gehen Sie selbst mit hoher Belastung um?**

Physische Fitness und soziale Kontakte sind wichtige Stresspuffer, dafür nehme ich mir Zeit. Mit Sport, viel Zeit mit meinen zwei kleinen Mädchen, Freundschaften pflegen und Partnerschaft geniessen. Das alles neben der Arbeit unter einen Hut zu bringen, ohne durch den Zeitdruck noch mehr gestresst zu werden, gelingt mir nicht immer. Das wiederum zu akzeptieren und zufrieden mit dem ausgefüllten Leben zu sein, ist aber vielleicht der Schlüssel zum Glück. ○

TEXT Karin Köchle

# Roboter-Begleithund und sehender Blindenstock

Bild: Nicola Pitano / ETH Zürich



Die Freude war gross am Cyathlon 2024.

67 Teams aus 24 Ländern, darunter vier der ETH Zürich, traten Ende Oktober beim Cyathlon 2024 gegeneinander an. Ziel der Veranstaltung ist es, alltagstaugliche Assistenztechnologien für Menschen mit Behinderung voranzutreiben. Der Wettkampf umfasste acht Disziplinen, darunter die Disziplinen Sehassistenz-Parcours und Assistenzroboter-Rennen, die das erste Mal durchgeführt wurden. 6000 Zuschauerinnen und Zuschauer waren vor Ort dabei, 15 500 verfolgten die Wettkämpfe zu Hause am Bildschirm. Der nächste Cyathlon in vier Jahren wird voraussichtlich in Asien stattfinden. ○

# Supercomputer Alps eingeweiht

Die ETH Zürich hat am Nationalen Hochleistungsrechenzentrum (CSCS) in Lugano den neuen Supercomputer Alps offiziell eingeweiht. An den Feierlichkeiten nahmen Bundesrat Guy Parmelin sowie namhafte Persönlichkeiten aus Wissenschaft und Politik teil.

Alps gehört zu den schnellsten Rechnern der Welt. Er ist das Resultat vereinter Kräfte der Wissenschaft, der öffentlichen Hand und der Industrie. Entwickelt wurde der neue Supercomputer, um den extremen Daten- und Rechenanforderungen der Wissenschaft gerecht zu werden. Alps erlaubt, die Möglichkeiten der künstlichen Intelligenz voll auszuschöpfen. ○



Bild: Marco Abram / CSCS

Bundesrat Guy Parmelin, ETH-Ratspräsident Michael Hengartner, ETH-Vizepräsident für Forschung Christian Wolfrum und CSCS-Direktor Thomas Schulthess (v.r.n.l.) weihen Alps offiziell ein.



# Krebsforscher Andrea Alimonti geehrt

Andrea Alimonti erhält den diesjährigen Cloëtta-Preis. Er ist Professor für experimentelle Onkologie an der ETH Zürich und der Università della Svizzera italiana sowie Direktor des Institute of Oncology Research (IOR) in Bellinzona. Alimonti erforscht, wie Krebszellen altern und wie sie mit dem Immunsystem interagieren. Zu seinen wichtigsten Errungenschaften gehört die Entwicklung einer Krebstherapie, die die Alterung von Krebszellen aktiv herbeiführt. Diese sogenannte Pro-Seneszenz-Therapie stoppt das Wachstum der Krebszellen und ermöglicht es so dem Immunsystem, diese Zellen zu bekämpfen und zu eliminieren. Darüber hinaus war er massgeblich an der Entdeckung eines neu-

en Typs von Immunzellen beteiligt, den myeloischen Suppressorzellen. Insbesondere bei Prostatakrebs schaffen diese Zellen eine Umgebung, die Krebszellen begünstigt, ihr Wachstum fördert und Standardtherapien gegen den Krebs unwirksam macht.

Der Cloëtta-Preis wird jährlich von der Stiftung Prof. Dr. Max Cloëtta an zwei Persönlichkeiten verliehen, die sich um die medizinische Forschung oder verwandte naturwissenschaftliche Disziplinen in der Schweiz verdient gemacht haben. Der Preis ist mit je 50 000 Schweizer Franken dotiert. Neben Andrea Alimonti wird dieses Jahr auch Andrea Ablasser, Professorin an der EPFL, mit einem Cloëtta-Preis ausgezeichnet. ○

Anzeige

**ETH** zürich

Master of Advanced Studies in  
Management, Technology, and Economics



+++ Nächste Bewerbungsfrist: 2. Feb. +++ Info-Events online und vor Ort +++

## Management lernen, wo Zukunft entsteht.

Als Innovationsschmiede bietet die ETH Zürich das optimale Umfeld für eine Management-Weiterbildung, die den technologischen Wandel fundamental integriert.

Im MAS MTEC Programm lernen Sie, neue Technologien effektiv und ergebnisorientiert einzusetzen und Ihr Team souverän in die Zukunft zu führen.



# IN DER TURNHALLE VON MUTTER NATUR

TEXT Vinzenz Greiner  
BILDER Michel Büchel





## REPORTAGE | Wer an der ETH Zürich das Lehrdiplom Sport macht, muss sich durch Kälte und Flusswellen kämpfen. Das ist einmalig in der Schweiz. Ein Besuch da, wo sich Outdoor-Pädagogik und Lagerromantik treffen.

Alle paar Minuten durchzittert sie ein Frösteln. Das Haar tropft noch – oder schon wieder? Wer kann das bei dem Regen schon sagen, den der graue Himmel seit heute Morgen auf das Waldstück an der Flussschleife beim aargauischen Städtchen Bremgarten leert. Die eine Campingtasse heisse Buchstabensuppe, die sich Lisa Stoffel mit zwei Studienkolleginnen geteilt hat, hat auch nicht viel gebracht. Erst vor eineinviertel Stunden hat sich die 23-Jährige mühsam aus dem Neoprenanzug geschält. Rund 180 Meter waren sie und ihre Studienkolleg:innen nacheinander die dunkelgrüne Reuss hinabgeschwommen. An Steinen und einem angeschwemmten Baumstamm vorbei. Eine Schwelle hinunter, dann durchs schäumende Weisswasser, rauf auf eine Insel.

«Im Wasser hat einen das Adrenalin noch von der Kälte abgelenkt», sagt sie jetzt lachend. Auf einer Website, die die Reuss-Verhältnisse anzeigt, heisst es: «Nur für die ganz Harten». Fünfzehn Grad Celsius. Immerhin zwei Grad wärmer als draussen an der Luft. «Perfekt», findet hingegen Simon Starkl das Wasser. Starkl, sportlich, mit einem «Komm-schon-das-kriegst-du-hin-Lächeln», unterrichtet normalerweise an einer interkantonalen Polizeischule. Polizisten von Uri bis Basel, die selbst Taucher ausbilden wollen, müssen mit Starkl ins Wasser. An diesem Septembersamstag müssen das 22 ETH-Studierende. Sie alle absolvieren bei jenem

Herrn ihr Lehrdiplom Sport, bei dem Starkl selbst vor dreizehn Jahren den Abschluss gemacht hat und der mit der Anwesenheitsliste ebenfalls im Halbkreis steht: Hanspeter Gubelmann.

**KEINE ANGST VOR TIEFEM WASSER** «Seid nie allein unterwegs – ausser auf dem WC», scherzt Gubelmann väterlich. Und: «Schaut, dass ihr genug warm habt!» Gubelmann weiss, wovon er spricht. Er ist schon zigmal mehrere Stunden mit Studierendengruppen die Reuss auf Flössen aus je etwa 300 PET-Flaschen runtergeschippert. Einmal musste eines geborgen werden, Schürfungen gab es auch immer wieder.

Jeder, der das Lehrdiplom Sport an der ETH Zürich macht, muss «Erziehungswissenschaften 2 Sport» belegen: ein Wochenende an und in der Reuss. 400 Studierende haben bisher dieses Programm absolviert. Sogar ein Student, der nach einem Turnunfall im Rollstuhl sass, war mit dabei. Oder auch schon Studierende mit Angst vor tiefem Wasser. «Sorry, als Lehrperson musst du damit umgehen lernen», sagt Gubelmann. Klingt hart. Aber dafür ist das Lehrdiplom Sport bekannt. Es wird neben sechs weiteren Lehrdiplomen an der ETH Zürich als Zusatzausbildung angeboten. Damit kann man auf gymnasialer Stufe unterrichten.

Der Weg dahin hat es aber in sich: etwa 1800 Lehrstunden in sportdidaktischer Ausbildung und Auflagen in der sportpraktischen und -wissenschaftlichen Ausbildung – von Volleyball bis Erste-Hilfe-Kurs. Es gibt Kurse in Molekular- und Zellbiologie oder auch digitaler Fussballanalyse. Immerhin können sich die Studierenden einiges von ihrem Studium Gesundheitswissenschaften anrechnen lassen. Theoretisch können auch Studierende anderer Fächer das Lehrdiplom Sport absolvieren. Dann wäre das aber quasi ein Doppelstudium. →





1



3



2

1  
Simon Starkl instruiert die Studierenden –  
darunter Lisa Stoffel (Dritte von links).

2  
Roger Scharpf, Lehrbeauftragter an der  
ETH, behält im Wald den Überblick.

3  
Lagerromantik inklusive:  
Maurus Pfalzgraf bei der Feuerstelle.

Kein Wunder also, dass Maurus Pfalzgraf hier der Einzige ist, der nicht Gesundheits-, sondern Umweltnaturwissenschaften studiert. Pfalzgraf hatte zwei Semester mit den anderen studiert, bevor er wechselte. Er kann sich daher noch ein paar Fächer anrechnen lassen. «Aber im Vergleich zu den anderen muss ich noch Extrapunkte machen», erklärt der 24-Jährige, der an diesem Morgen noch etwas verschlafen ist.

Er hat Glück, könnte man sagen. Denn während Lisa Stoffel und ihre Teilgruppe bereits knöcheltief im Wasser stehen und von Instruktor Simon Starkl erfahren, dass sie sich zuerst wie ein Pinguin ins Wasser fallen und dann wie ein Wal – «Die Beine nur als Ruder nutzen!» – treiben lassen sollen, kann Pfalzgraf gemütlich sein Zelt im Lager aufbauen. Ganz Pfadfinder hat er bereits eine Hängematte aus einem Seil geknüpft. Später werden nasse Handtücher daran trocknen. Die Hängematte wiegt unter einem der Dutzend moosbewachsenen Brückenelemente aus Beton hin und her, die hier auf dem alten Waffenplatz verweisen.

Zwei Meter daneben dampft aus einem Kessel eine Bouillon überm Feuer. Ein paar Ascheflocken schwimmen in der Suppe. Zwei Studentinnen diskutieren, ob da vielleicht ein Schwarzrückenkäfer über ihre Handflächen spaziert. Das Szenario hat etwas von einem dieser postapokalyptischen Filme, in denen die Menschen von Grund auf lernen müssen, wie sie Feuerstellen und eine Gemeinschaft bauen, die funktioniert. Gruppendynamiken mitzerleben, zu lesen und zu leiten, ist Teil des Kurskonzepts hier in der Natur.

**EIN ZWEITES STANDBEIN** Pfalzgraf hatte zwar während des Gymnasiums auch Lager besucht. Aber nur in Häusern. Ob er selbst mal eine Klasse als Sportlehrer übernehmen will? Vielleicht eher doch Trainer werden, sagt der Kanuspezialist, der findet, das sei «der wohl beste Job der Welt».

Mit dieser Meinung ist der Student nicht allein. Wenn man sich unter den 800-Meter-Läuferinnen, Hockeyspielern und Kung-Fu-Kämpferinnen in der Gruppe umhört, wollen nicht alle Lehrperson werden. Mit dem Diplom könne sie sich manches offenhalten, sagt etwa Studentin Maxine Monnerat. «Mich interessiert Leistungsdiagnostik.» Die einstige Mittelfeldspielerin – das verflixte Kreuzband – hat vorhin noch mit einem verbogenen Hering das Zelt befestigt. Als Mitglied der Floss-Truppe muss sie später das Material für den Bau am Folgetag bereit

machen, während andere Sitzgelegenheiten oder einen Pizzaofen basteln müssen. Nach dem Wochenende wird sie sagen, dass «das Adrenalin durch die Decke ging», bis aus der Hoffnung, dass das Floss hält, nach der ersten Welle Gewissheit wurde. Die kletterbegeisterte Lisa Stoffel dagegen wird als Mitglied der Kochtruppe ein scharfes Curry zubereiten. Sie habe mit dem Diplom ein «zweites Standbein», wie sie sagt. Sie bekommt gerade mit ihrer Gruppe von Instruktor Starkl anhand eines Grasbüschels gezeigt, welche Strömungsarten im Fluss walten. Erst im Laufe des Lehrdiploms hat sie gemerkt, dass ihr einstiger Kindheitswunsch Sportlehrerin doch ganz gut zu ihr passt.

Roger Scharpf findet es okay, dass sich nicht alle Studierenden auf den Lehrberuf fokussieren. «Manche gehen in die Leistungsdiagnostik, andere in die Bewegungstherapie oder in die Forschung. Andere werden Instruktoren wie Starkl oder Lehrer wie ich.» Scharpfs braun gebranntes Gesicht verriet, dass er gerade erst mit einer Klasse von Genf bis an die Côte d'Azur geradelt ist. Scharpf – Gymnasiallehrer im Aargau und Lehrbeauftragter an der ETH – behält hier im Waldstück die Übersicht, während sein Kollege Gubelmann bei der anderen Teilgruppe als Plan B mit einem Seil in der Hand in der Reuss steht.

**REALITÄTSNAHE AUSBILDUNG** Die beiden verantworten seit fünfzehn Jahren, dass auch in der Natur unterrichtet wird. Damals hatte man gemerkt, dass Mathe- und Sportunterricht ganz anders funktionieren, sagen Gubelmann und Scharpf. Sie wurden gefragt: «Könnt ihr den erziehungswissenschaftlichen Teil im Sportlehrdiplom neu konzipieren?»

Scharpf, der zuvor in Schottland die Outdoor-Education-Philosophie kennengelernt hatte, und der gebirgserfahrene Gubelmann legten los. Ihr Konzept brachten sie mühelos im Lehrplan durch. «Just do it», sagt Gubelmann und schmunzelt.

Aber warum überhaupt ein Kurs draussen? Es mache etwas mit einem, wenn man sich durchbeissen und tageweise Regen durchstehen müsse, findet Scharpf. Gubelmann ergänzt, dass es an Schulen immer mehr Projektwochen gebe, weswegen diese Ausbildung realitätsnah sei. «Ausserdem sollten Jugendliche mehr raus in die Natur, weil sie das praktisch nicht mehr machen.» →

4

Hanspeter Gubelmann verantwortet seit fünfzehn Jahren den erziehungswissenschaftlichen Teil im Sportlehrdiplom.

5

Maxine Monnerat (links) beim Bau des Flosses. Wird es die Fahrt auf dem Fluss überstehen?



5

Bild: Roger Scharpf



4

Raus an die frische Luft, fair enough. Aber warum gerade ein Fluss? Lehrpersonen müssten hier Kompetenzen haben, weil die meisten Leute statistisch gesehen an Flüssen verunfallten, erklärt Gubelmann. Und warum die Reuss – ein Fluss, der nicht ungefährlich ist? «Es ist nicht die Idee, die Leute in Risikozonen zu bringen. Sondern sie zu schulen, Risiken einzuschätzen», sagt Gubelmann, ganz Sportpsychologe. Deshalb ist auch Experte Simon Starkl dabei.

«Wir wurden gut von ihm angeleitet», resümiert Lisa Stoffel. «Wenn ich dann als Lehrerin für Schüler:innen im Einsatz bin, ist es gut zu sagen: Ich weiss, wovon ich rede, ich habe das schon gemacht.» Sie könne sich vorstellen, einmal ein Flossbau-Projekt mit einer Klasse umzusetzen, wird sie später sagen. Maxine Monnerat fasst das Wochenende in einem Satz zusammen: «Raus aus der Komfortzone.» Sollte sie doch Lehrerin werden und

nicht in die Leistungsdiagnostik gehen, kann sie sich vorstellen, das Outdoor-Konzept zu übernehmen. Als sie selbst noch Schülerin war, hatte Monnerats Schule bereits Outdoor-Wahlpflichtkurse angeboten. Einer davon war eine Velotour an die Côte d'Azur – es ist dieselbe Strecke, die Roger Scharpf mit seinen Schülerinnen und Schülern seit Jahren abfährt.

Er findet es «schon toll», dass andere sich seiner Ideen bedienen würden, sagt Scharpf mit einem breiten Lächeln. «Es gibt kein Copyright auf pädagogische Rezepte. Was wir haben, geben wir gerne weiter.» Die Outdoor-Sportpädagogik der ETH, sie macht Schule. ○



A woman with dark hair, wearing a red velvet jacket, a red top, dark jeans, and black boots, is sitting on a light-colored, tufted outdoor swing bench. She is looking off to the side with a slight smile. The bench is suspended by dark metal frames. The background is a dense, green hedge. The ground is paved with grey stones. The overall scene is outdoors, likely in a garden or patio area.

# VOM RITTBERGER ZUM QUANTENSPRUNG

TEXT   Andres Eberhard  
BILDER   Markus Bertschi



# Die ETH-Alumna Bettina Heim war Schweizer Meisterin im Eiskunstlaufen, ehe sie sich für Quantencomputer zu interessieren begann. Heute entwickelt die Physikerin Software für die Rechner der Zukunft.

Bettina Heim arbeitet an vorderster Front daran mit, dass sich Quantencomputer dereinst durchsetzen werden. Die ehemalige ETH-Forscherin entwickelt für das US-Unternehmen Nvidia Software für die Rechner der Zukunft. Und irgendwie passt das ganz gut. Genau wie ein Quantencomputer lässt sich auch die 35-Jährige nicht gut in Entweder-oder-Atributen beschreiben. Die Rechner der Zukunft basieren nämlich nicht auf den klassischen Bits, die entweder den Wert Null oder Eins annehmen. Sie bauen auf Quantenbits als kleinste Informationseinheiten auf, welche die beiden Zustände überlagern und so Null und Eins zur selben Zeit sind.

Und so ist auch Bettina Heim vieles gleichzeitig: eine brillante Quantenphysikerin, die schon als Physikstudentin eine Bachelorarbeit zu Quantencomputern schrieb, die im Fachmagazin «Science» veröffentlicht wurde. Sie ist aber auch eine begabte Künstlerin und Sportlerin: Vor ihrer wissenschaftlichen und beruflichen Karriere machte Heim zunächst mit Pirouetten, Rittbergern und Salchows auf sich aufmerksam: Als Eiskunstläuferin schaffte sie es bis zum Schweizer-Meister-Titel. Das war mit 21 Jahren und markierte gleichzeitig den Höhe- und den Schlusspunkt ihrer Sportkarriere.

**MIT ZWEI AUF DEN SCHLITTSCHUHEN** Heim sitzt am Esstisch ihres Einfamilienhauses im Kanton Aargau. Im ganzen Haus stehen Umzugsboxen herum, erst eine Woche vor dem Gespräch ist sie mit ihrem Mann hier eingezogen. Ab und zu hüpfen eine der beiden Sphinx-Katzen auf den Tisch und sucht

**BETTINA HEIM** ist Teamleiterin beim US-amerikanischen Unternehmen Nvidia, wo sie Software für Quantencomputer entwickelt. Sie hat Physik an der ETH studiert und in Computerphysik doktoriert. Sechs Jahre lang arbeitete sie für Microsoft in den USA, ehe sie zurück in die Schweiz zog. Bevor sie ihre Laufbahn in der Wissenschaft und der Industrie einschlug, machte Heim im Sport Karriere. Als Eiskunstläuferin wurde sie Schweizer Meisterin und nahm an zwei Weltmeisterschaften teil.

Streicheleinheiten. «Ich bin ein sehr leidenschaftlicher Mensch», sagt Heim über sich selbst. «Wenn ich ein Hobby habe, dann mache ich es zum Beruf.»

Als sie zwei Jahre alt war, habe sie sich auf dem Flohmarkt ein paar Schlittschuhe gekrallt, erzählt sie und lacht. «Und ich liess sie einfach nicht mehr los.» Da die Familie in Gehrdistanz zur Eishalle wohnte, liessen die Eltern ihre Tochter gewähren und unterstützten sie in ihrem neuen Hobby. Später, als Bettina Heim längst ihr Interesse für die Naturwissenschaften entdeckt hatte, verdiente sie mit Eiskunstlaufen Geld: Zu Beginn ihres Studiums coachte sie als Trainerin alle, die sich auf dem Glatt-eis zurechtfinden wollten – vom Zweijährigen bis zum Physikprofessor sei alles dabei gewesen. Heim arbeitete selbstständig und kam auf ein Fünfzig- bis Sechzig-Prozent-Pensum.

**VOM APPENZELLERLAND AN DIE ETH** Dass Heim am Quantensprung der Computertechnologie mitarbeiten wird, war nicht unbedingt vorauszusehen. Als in den 1990er-Jahren in der Computerbranche Goldgräberstimmung herrschte, wuchs Heim weit weg von der technologischen Avantgarde im appenzellischen Herisau auf. Die Eltern arbeiteten im Verkauf: Traktoren und Detailhandel. Bis Mitte der Nullerjahre besass die Familie nicht einmal einen Computer.

Dass sie nicht nur naturwissenschaftlich begabt war, sondern auch ein Flair fürs Programmieren hatte, entdeckte Heim erst kurz vor ihrer Matura. Sie schrieb sich fürs Physikstudium an der ETH ein und wurde dort mit einem Excellence Scholarship gefördert. «Das erlaubte mir, den Job in der Eishalle aufzugeben und mich voll auf das Studium zu konzentrieren», sagt sie. In ihrer Bachelorarbeit befasste sie sich erstmals mit Quantencomputern: Sie untersuchte, warum der erste kommerzielle Quantencomputer namens D-Wave in vielen Vergleichen mit klassischen Computern schlecht abschneidet. Worauf viele jahrelang warten müssen, gelang ihr im ersten Anlauf: die Publikation im Fachmagazin «Science». Nach dem Studium doktorierte Heim bei Matthias Troyer, dem damaligen Professor

für Computational Physics an der ETH. Sie folgte ihrem Mentor schliesslich in die Industrie. Heim arbeitete für Microsoft und lebte dafür vier Jahre lang in Seattle in den USA. Vor rund zwei Jahren zog es sie zurück in die Schweiz. Ihr Ehemann bevorzugte die Schweiz, zudem war ihr Vater gestorben und sie wollte für ihre fortan alleinlebende Mutter da sein.

**SOFTWARE FÜR QUANTENCOMPUTER** Bei Nvidia erhielt Heim die Möglichkeit, ein eigenes Team von Grund auf aufzubauen, um Software für Quantencomputer zu entwickeln. «Lange ging es bei Quantencomputern nur um die Hardware. Die Software wurde als selbstverständlich angesehen», so Heim. «Dabei würde normale Software auf Quantencomputern gar nicht funktionieren.» In einem ersten Schritt entwickelt Heim mit ihrem Team deshalb eine Schnittstelle namens CUDA-Q, die es ermöglicht, mit gängigen Programmiersprachen wie Python und C++ überhaupt erst für Quantencomputer zu programmieren.

Ihr Büro im oberen Stockwerk hat Bettina Heim bereits fertig eingerichtet. Der breite, geschwungene Bildschirm scheint angesichts ihrer Tätigkeit überraschend kompakt – es ist ein klassischer moderner Computer. «Wenn ich Quanten-Simulationen durchführen muss, verbinde ich mich mit einem leistungsfähigen Computer im Büro an der Europaallee in Zürich», sagt sie. In der Regel arbeitet Heim aber von zu Hause aus, genauso wie ihre Mitarbeitenden. Da diese in den USA leben, beginnen Heims Arbeitstage meist am Mittag und dauern bis spätabends. Fragt man sie, was sie aus ihrer sportlichen Karriere gelernt hat, dann sagt sie: «Mit Rückschlägen umgehen zu können.» An ihrem jetzigen Job schätzt sie, dass sie nicht mehr Einzelkämpferin ist wie damals auf dem Eis, sondern andere dazu ermutigen kann, das Beste aus sich herauszuholen. So verbringt sie einen Grossteil ihrer Arbeitszeit mit Calls mit ihren Mitarbeiten-



den. Zum Programmieren kommt sie fast nur in der Freizeit und am Wochenende. Heim arbeitet viel, ihre Arbeit war schon immer auch ihre Leidenschaft. Sie merke aber zunehmend, dass manchmal auch etwas Abstand guttut. «Ich habe angefangen, etwas im Garten zu arbeiten», sagt sie.

Ihr berufliches Ziel formuliert Bettina Heim kurz und bündig: «Ich möchte dazu beitragen, dass man mit Quantencomputern etwas Nützliches tun kann.» Denn tatsächlich sind die neuen Rechner derzeit noch für nichts wirklich gut. Moderne klassische Computer sind ihnen in praktischen Anwendungen noch haushoch überlegen. Dass das Potenzial von Quantencomputern in der Theorie riesig ist, bestreitet dabei niemand: So bräuchten normale Computer, um die Primfaktoren einer 2048-Bit-Zahl zu ermitteln, Millionen von Jahren. Mithilfe von Quantenbits könnte eine solche Berechnung in wenigen Minuten ausgeführt werden. «Es ist durchaus realistisch, dass Quantencomputer in einigen Jahren gewisse Probleme besser lösen, als klassische Computer das könnten», sagt Heim.

Doch wozu sollte das gut sein? Einfache Antworten darauf gibt es noch nicht, weltweit tüfteln Forschende an nützlichen Anwendungen der neuen Technologie. Heim sagt: «Es geht ja nicht darum, in Zukunft Microsoft Word auf Quantencomputer laufen zu lassen, sondern ganz spezifische Probleme zu lösen.» Oder anders gesagt: Quantencomputer werden klassische PCs nie ersetzen, sondern sie bei extrem komplexen Aufgaben ergänzen.

Trotzdem sagen nicht wenige Beobachter in der Entwicklung von Quantencomputern eine Revolution voraus. So könnten die neuen Rechner die Entwicklung von Medikamenten revolutionieren. Heim äussert sich da vorsichtiger. Sie könne sich gut vorstellen, dass Quantencomputer das maschinelle Lernen von künstlicher Intelligenz voranbringen könnten. «Ich bin optimistisch, dass Quantencomputer ihre Vorteile irgendwann ausspielen werden, auch wenn man heute noch nicht sagen kann, wo sie liegen.» Für sie fühle sich die jetzige Zeit sehr aufregend an. «Für die Entwicklung der Computertechnologie kam ich eine Generation zu spät. Aber das Gefühl, jetzt bei den Quantencomputern von Anfang an dabei zu sein, ist ein ähnliches.» ○

«Ich möchte dazu beitragen,  
dass man mit Quantencomputern  
etwas Nützliches tun kann.»

Bettina Heim



# ENTDECKEN

○ Woche des Gehirns

## BrainFair 2025

Besuchende tauchen in die faszinierende Welt des Gehirns mit seinen vielschichtigen und komplexen Funktionen ein. International renommierte Fachleute erzählen auf leicht verständliche Art über Hirnleistungen wie Sinneswahrnehmung, Kommunikation, Bewegung, Gefühle und Lernen.

10. bis 15. März 2025

Weitere Informationen:

→ [www.brainfair.uzh.ch](http://www.brainfair.uzh.ch)

○ Ausstellung

## Albrecht Dürers druckgrafisches Werk

Norm sprengen und Mass geben

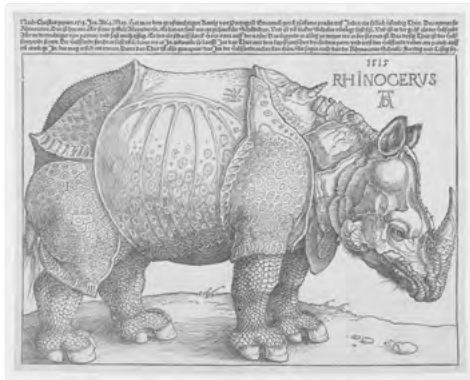


Bild: Albrecht Dürer, Rhinoceros, 1515, Holzschnitt, 24,3 x 30,8 cm, Graphische Sammlung ETH Zürich

Die Graphische Sammlung ETH Zürich besitzt Albrecht Dürers druckgrafisches Werk nicht nur nahezu vollständig, sondern auch in bester Qualität, darunter sogar Exemplare seiner raren Eisenradierungen und Kaltnadelarbeiten. Die Auswahl der Werke für die Ausstellung konzentriert sich darauf, Dürers Relevanz für aktuelle Kunstdiskurse hervorzuheben und ihn als einen Künstler zu würdigen, dem es nicht nur gelang, Normen zu sprengen, sondern auch massgebend zu sein.

ETH Zürich, Campus Zentrum

4. Dezember 2024 bis 9. März 2025

Weitere Informationen:

→ [gs.ethz.ch](http://gs.ethz.ch)



Bild: Thomas-Mann-Archiv, ETH Zürich

○ Videoreihe

## 100 Jahre «Zauberberg»

Was haben DJs mit dem «Zauberberg» zu tun, warum hätte es den Roman ohne die Rhätische Bahn und eine Fehldiagnose nicht gegeben, und wie heisst «Seelenzergliederung» auf Englisch? Genau hundert Jahre ist es her, dass Thomas Manns «Der Zauberberg» erschien. Seither wurde er unzählige Male übersetzt und interpretiert. Doch wie lesen wir ihn heute?

Zum Jubiläumsjahr produziert das Thomas-Mann-Archiv vier Kurzfilme, die den Roman in die historischen und aktuellen Kontexte der ETH setzen – «Der Zauberberg» gleichsam als technologiegeschichtliche Quelle. Denn technische Entwicklungen und gesellschaftliche Umbrüche haben in Manns literarischem Text deutliche Spuren hinterlassen. In den Videos werfen Expertinnen und Experten einen neuen Blick auf den Roman.



Videos entdecken:

→ [ethz.ch/zauberberg](http://ethz.ch/zauberberg)

- Public Tour

## Wie Atomkerne zu Spionen werden

Eine Nobelpreistour mit Besuch im Chemielabor

Der Nobelpreisträger Richard Ernst aus Winterthur hat mit seiner Grundlagenforschung zur Kernresonanzspektroskopie entscheidend zur modernen Diagnostik beigetragen und ist einen steinigen Weg gegangen. Die Tour blickt hinter die Fassade eines Nobelpreisträgerlebens und schlägt gemeinsam mit einem seiner früheren Mitarbeiter den Bogen zur heutigen Forschung – Besuch bei Riesenmagneten inklusive.

Weitere Informationen und Anmeldung:  
→ [tours.ethz.ch](https://tours.ethz.ch)

- focusTerra Märchenonntag

## Märchenhafte Geologie



Bild: focusTerra

### Superkräfte der Erde

Experimentier- und Erzählnachmittag auf Mundart

Gemeinsam mit der Schweizerischen Märchengesellschaft lädt *focusTerra* zu einem spannenden Entdeckungsnachmittag ein. Nach den Märchenerzählungen mit musikalischer Begleitung entdecken die Kinder anhand von Experimenten die Superkräfte der Erde. Das Programm eignet sich bestens für die ganze Familie mit Kindern ab 6 Jahren.

*focusTerra*, Campus Zentrum  
12. Januar 2025, 14.00–15.00 Uhr  
Anschliessend diverse Kinderaktivitäten bis 16.30 Uhr

Weitere Informationen:  
→ [focusterra.ethz.ch/maerchen](https://focusterra.ethz.ch/maerchen)

- Buchtipp

## Dieses Buch ist zum Einschlafen



In unserer schnelllebigen, digital geprägten Gesellschaft sind Schlafprobleme allgegenwärtig. Was sind die neuesten Erkenntnisse der Schlafforschung? Wie können wir diese für uns nutzen? Welche Tipps helfen wirklich? Das Buch fasst Wissenswertes aus über 15 Jahren Schlafforschung zusammen. Ausserdem fliessen die Erfahrungen der Autorinnen aus geleiteten Achtsamkeitsworkshops zum Thema Schlaf mit ein. Das Buch beinhaltet ein Schlaftagebuch zum Download.

Caroline Lustenberger ist Neurowissenschaftlerin und Dozentin an der ETH Zürich mit langjähriger Erfahrung in der Schlafforschung weltweit. Salome Kurth ist Assistenzprofessorin für Biologie und Schlafforscherin. Sie doziert an verschiedenen Universitäten und bietet praxisorientierte Tagungen rund um das Forschungsthema Schlaf an.

Beobachter-Edition  
ISBN: 978-3-03875-573-9



Interview mit ETH-Schlafforscherin Caroline Lustenberger:  
→ [ethz.ch/buchtipp-schlaf](https://ethz.ch/buchtipp-schlaf)



Mit der App SmartStamp lässt sich die Echtheit von Kunstwerken zuverlässig überprüfen.

## Gesichtserkennung für Kunstwerke

TEXT Karin Köchle

Echtheitszertifikate belegen, dass es sich bei einem Kunstwerk um ein Original und nicht etwa um eine Fälschung handelt. Solche Zertifikate werden in der Regel von der Künstlerin, einem Einzelhändler oder dem Verkäufer ausgestellt. Das Problem: Die Echtheit wird oft mit einer Unterschrift auf einem Papier oder mit einem Etikett auf der Rückseite des Kunstwerks festgehalten – ein Tor für Diebe und Fälscher.

Gregor Kisters, ETH-Masterstudent in Materialwissenschaft und Ingenieurwesen, hat eine fälschungssichere Technologie entwickelt, mit

der sich die Echtheit von Kunstwerken über eine App zuverlässig überprüfen lässt. Sie nutzt maschinelles Lernen, künstliche Intelligenz und Computer Vision, um digitale Fingerabdrücke zu erstellen – eine Art Gesichtserkennung für das Kunstobjekt. Mit ihrer patentierten Technologie setzt das Unternehmen SmartStamp einen neuen Standard in der Kunstwelt. ○

**STUDENT PROJECT HOUSE** Der Think- und Makerspace unterstützt ETH-Studierende bei der Entwicklung und Umsetzung eigener Projektideen.

→ [sph.ethz.ch](https://sph.ethz.ch)



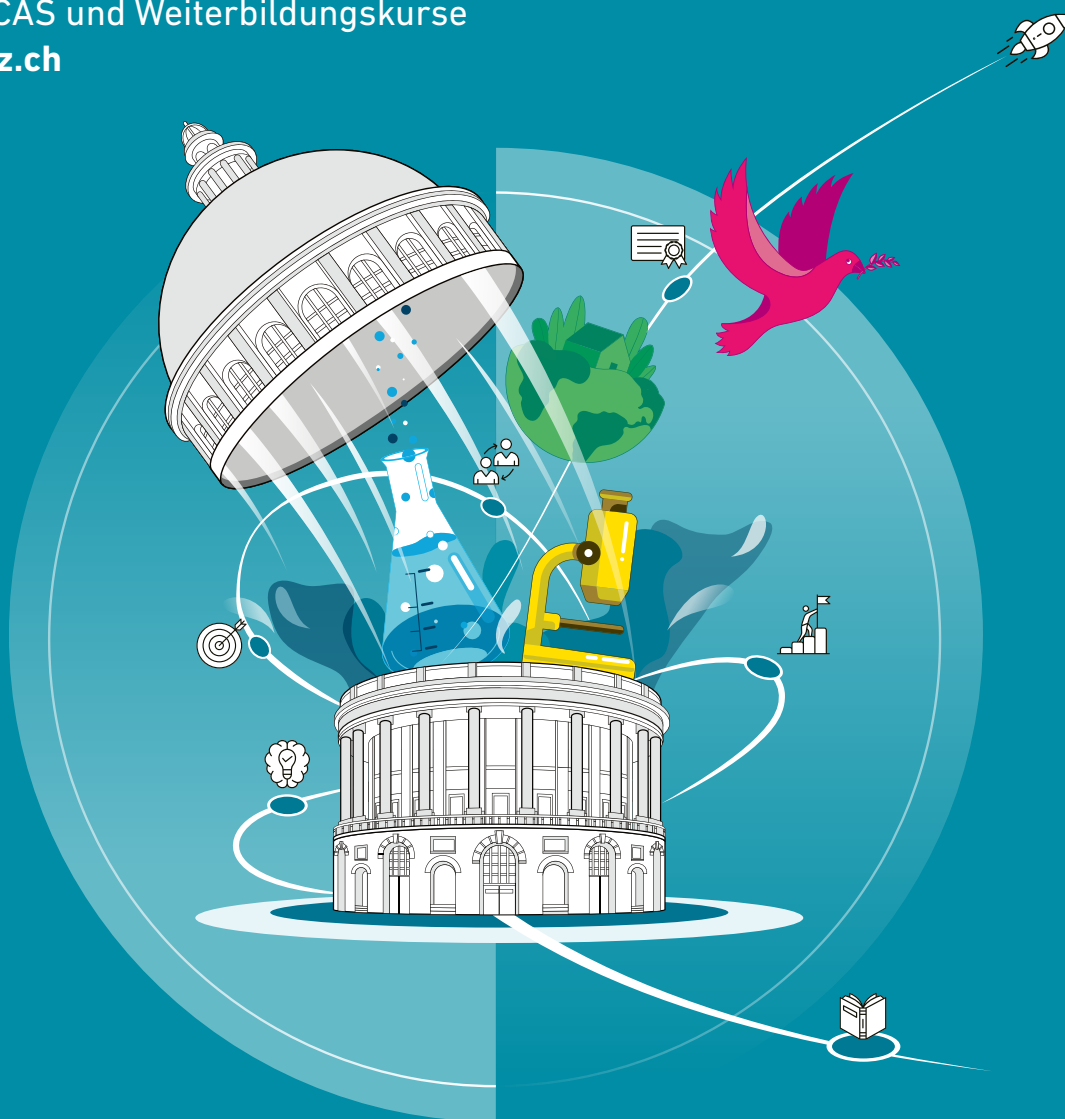
Video: «SmartStamp»  
→ [youtu.be/tJMgcwviy7M](https://youtu.be/tJMgcwviy7M)



# Lifelong inspiration

Weiterbildung für akademisch gebildete  
Fach- und Führungskräfte

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





# 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)