

# GLOBE



FOKUS

## DER BEWEGTE MENSCH

Wie Maschinen Lebensqualität  
zurückbringen

SEITE 14

Lehre: Medizinstudium  
neu auch an der ETH

SEITE 34

Im Visier: Anlage beobachtet  
Pflanzenwachstum

SEITE 38

Valentina Kumpusch: eine  
Leidenschaft für Tunnel

SEITE 46

# Opportunities for you

www.georgfischer.com

+GF+

Do you want to make things happen?  
Do you want to use your knowledge  
and skills to master challenging  
projects? As a globally active and  
innovative industrial corporation, GF  
provides many opportunities for you.  
Now it's your turn.

Find out more  
about GF:



## DEN ALLTAG ERLEICHTERN

Der Countdown läuft. Am Samstag, 8. Oktober, findet in der Swiss Arena Kloten der weltweit erste Cybathlon statt. Die teilnehmenden 80 Athleten aus aller Welt messen sich in Alltagssituationen wie die Wäsche aufhängen oder den Frühstückstisch decken. Das Besondere daran: Die Athletinnen und Athleten haben eine körperliche Behinderung und verwenden technische Assistenzsysteme wie Armprothesen, um die Aufgaben zu lösen. Dies können Prototypen aus Forschungslabors sein oder kommerzielle Produkte. **Der Cybathlon, an dem Athleten und Ingenieure von Assistenzsystemen ein Team bilden, soll dazu beitragen, dass die Bedürfnisse der Menschen mit Behinderungen unmittelbarer in die Entwicklung technischer Lösungen einfließen und so die Lebenssituation dieser Personen verbessern.**

Die Idee zu diesem Anlass stammt von ETH-Professor Robert Riener. Seine grosse Erfahrung in der Rehabilitationsrobotik und seine weltweiten Kontakte haben ihm erlaubt, eine Veranstaltung mit globaler Ausstrahlung zu schaffen. Realisiert werden kann der Anlass aber auch dank der diversen Partnerinstitutionen und -firmen sowie der vielen ETH-Mitarbeitenden, die einen gewaltigen Einsatz leisten. An dieser Stelle ihnen allen ein herzliches Dankeschön.

Ein Problem erkennen, die Idee für eine Lösung entwickeln, diese mit internen und externen Partnern umsetzen und so die Gesellschaft vorwärtsbringen: Dafür steht die ETH Zürich. Und sie steht für Forschung im Bereich Medizin- und Rehabilitationstechnik. In dieser *Globe*-Ausgabe erfahren Sie, wie Maschinen das Leben von Menschen erleichtern. Und natürlich präsentieren wir Ihnen auch die einzelnen Cybathlon-Disziplinen.

Ich wünsche Ihnen gute Lektüre und würde mich freuen, Sie am 8. Oktober in Kloten zu sehen.

Lino Guzzella, ETH-Präsident



Lino Guzzella,  
Präsident der ETH Zürich

Die Teams messen sich in sechs  
verschiedenen Disziplinen.  
Mehr dazu ab Seite 14.



Building a better  
working world

## Joining EY: the key to your career success

Within EY you will find great career prospects in a wide variety of specialist fields. We offer you the freedom you need to develop personally and professionally as well as international projects and challenging assignments in cross-cultural teams. Take on responsibility right from the beginning and kick-start your future in one of the following fields:

### Forensic Technology

Foiling industrial espionage and cyber attacks, identifying irregularities – as a member of our Assurance Forensic Technology & Discovery Services team, you use state-of-the-art analytical methods to sift through vast quantities of data, create audit trails and convert vague suspicions of criminal activity into hard facts.

### Enterprise Intelligence

As people become more and more connected, data volumes are exploding. Financial services providers are searching for top-quality, data-driven insights to boost their business. How to harness the hidden value of data and information? By combining data, identifying patterns, predicting and classifying – by using learning machines to work for you and help you outsmart your competitors. Join us in Enterprise Intelligence, where resistance really is futile.

### Life Science Consulting

ETH is an incubator for many groundbreaking life-science innovations. Apply your expertise by supporting companies the whole way along the life-science value chain – from R&D to manufacturing to commercialization. Play an active role in transforming innovative ideas into sustainable business models.

### Quantitative Risk

Modeling of stochastic processes, complex derivatives, Monte Carlo simulations, predictive analytics – these are all crucial concepts in risk management for both banks and insurance companies. To maintain our position as Switzerland's leading risk consultancy, we are searching people with first-class education and training. People like you.

### IT Advisory

By improving the performance and security of a company's IT systems, you improve the company's performance as a whole. Optimize processes, integrate cutting-edge technologies and ensure they are all successfully put into practice. Show businesses how progressive technology can give them the edge over their competitors and become CIOs' preferred contact for all kinds of digital issues.

### Actuarial Services

As an actuary, join Switzerland's largest advisory team specializing in providing actuarial services. Make the most of our comprehensive industry knowledge and excellent positioning within national and international insurance markets.

For more on our career opportunities plus our latest job offers, visit

[www.ey.com/CH/en/Careers](http://www.ey.com/CH/en/Careers)



### NEW AND NOTED

7 News aus der ETH Zürich

8 Labor für neues Bauen

10 Smarte Infrastruktur

### FOKUS

14 Ein Wettkampf, der bewegt  
Am Cybathlon zeigen Menschen mit Behinderungen, was mit technischen Assistenzsystemen möglich ist.

22 Mensch nach Mass?  
Will sich der Mensch durch neue Technologien beliebig optimieren lassen? Fragen, die zum Nachdenken anregen

24 Fortschritt beim Kunstherz  
ETH-Forschende entwickeln Alternativen zu bestehenden Kunstherzen.

27 Hirn an Roboter  
Wie Technik Therapie und Alltag von Schlaganfallpatienten verbessert.

29 Die Mikrodoctoren  
Miniroboter sollen in unseren Körpern gegen Krankheiten kämpfen.



Das Holzdach des Arch Tec Lab ist von Robotern gefertigt. – Seite 8



Trotz Rückenmarksverletzung ein Radrennen fahren – Seite 14



### COMMUNITY

33 Verbunden mit der ETH

34 Medizin studieren an der ETH

37 Kolumne

### REPORTAGE

38 Ein Auge auf Nutzpflanzen  
Die weltgrösste Anlage, um das Wachstum von Pflanzen zu beobachten, steht in Lindau-Eschikon.

### CONNECTED

42 Begegnungen an der ETH

44 Agenda

### PROFIL

46 Leidenschaft für Tunnel  
Valentina Kumpusch managt das Grossprojekt für den Bau des zweiten Gotthard-Strassentunnels.

### 5 FRAGEN

50 Elgar Fleisch  
Der Professor für Informationstechnologie findet es kritisch, wissenschaftliche Leistung nur anhand der Anzahl Publikationen zu messen.



ClimatePartner®  
klimaneutral

Druck | ID: 53232-1502-1013

**IMPRESSUM** — **Herausgeber:** ETH Alumni / ETH Zürich **Redaktion:** Roland Baumann (Leitung), Corinne Johannssen-Hodel, Martina Märki, Peter Rüegg, Felix Würsten, Samuel Schlaefli **Inseratverwaltung:** ETH Alumni Communications, [globe@alumni.ethz.ch](mailto:globe@alumni.ethz.ch), +41 44 632 51 24 **Inseratmanagement:** print-ad kretz gmbh, Männedorf, [info@kretzgmh.ch](mailto:info@kretzgmh.ch), +41 44 924 20 70 **Gestaltung:** Crafft Kommunikation AG, Zürich **Druck, Korrektorat:** Neidhart + Schön AG, Zürich **Übersetzung:** Burton, Van Iersel & Whitney GmbH, München; Anna Focà, Nicol Klenk, ETH Zürich **Auflage:** 34 600 deutsch, 31 550 englisch; erscheint viermal jährlich **Abonnement:** Globe ist im Abonnement für CHF 20.– im Jahr (vier Ausgaben) erhältlich; die Vollmitgliedschaft bei ETH Alumni beinhaltet ein Globe-Jahresabonnement. **Bestellungen und Adressänderungen:** [globe@hk.ethz.ch](mailto:globe@hk.ethz.ch), +41 44 632 42 52 bzw. für Alumni direkt unter [www.alumni.ethz.ch/myalumni](http://www.alumni.ethz.ch/myalumni) **Weitere Infos:** [www.ethz.ch/globe](http://www.ethz.ch/globe), ISSN 2235-7289 **Globe gibt es auch als kostenlose Tablet-Version (iPad und Android) in Deutsch und Englisch.**

Infoanlass, 27.10.2016 in Chur  
Open Day, 25.11.2016 in Chur

## Architektur und Bauingenieurwesen

### Bachelor-Studium

Von der Planung über die Konstruktion bis zur Baurealisation – die Bachelor-Studiengänge Architektur und Bauingenieurwesen der HTW Chur bereiten Sie auf die zukünftigen Herausforderungen als Architektin/Architekt oder Bauingenieurin/Bauingenieur vor.

**Legen Sie Ihren Grundstein:**  
[htwchur.ch/bau](http://htwchur.ch/bau)

swissuniversities

FHO Fachhochschule Ostschweiz

graubünden Bildung und Forschung



## BRAIN WORK

**Gincosan® bei nachlassender geistiger Leistungsfähigkeit mit:**

- Gedächtnisschwäche
- Konzentrationsmangel
- Vergesslichkeit



Lesen Sie die Packungsbeilage.

Vifor Consumer Health  
Zulassungsinhaber: Ginsana SA  
Auslieferung: Vifor Consumer Health SA

**20% RABATT**  
beim Kauf einer Packung Gincosan® 30 / Gincosan® 100  
Erlösbar in Ihrer Apotheke oder Drogerie bis 31.12.2016. Nicht mit anderen Boni oder Rabatten kombinierbar.

# NEW AND NOTED



Der Elektrorennwagen «grimsel» stellt den Beschleunigungsrekord auf.

*Weltrekord*

## IN 1,513 SEKUNDEN VON 0 AUF 100

Das Formula Student Team des Akademischen Motorsportvereins Zürich hat es geschafft: Sein Elektrorennwagen «grimsel» beschleunigte in nur 1,513 Sekunden von 0 auf 100 km/h und stellte damit einen neuen Weltrekord auf. Die Equipe unterbot die bisherige Bestmarke eines Teams der Universität Stuttgart um 0,266 Sekunden. Die Geschwindigkeit von 100 Stundenkilometern erreichte das Fahrzeug innerhalb von weniger als 30 Metern auf dem Militärflugplatz Dübendorf bei Zürich. Entwickelt und gebaut haben das Rekordfahrzeug 30 Studierende der ETH Zürich und der Hochschule Luzern.

*Neue Materialien*

## GITTERSTRUKTUR DÄMPFT VIBRATIONEN

Ein Forscherteam um ETH-Professorin Chiara Daraio entwickelte eine starre Gitterstruktur, mit der sich Vibrationen auffangen lassen. Bisher werden Vibrationen in Fahrzeugen, Maschinen und Haushaltsgeräten meist mit Hilfe weicher Materialien gedämpft. Im Vergleich zu bestehenden Absorptionsmaterialien kann die neue Struktur nicht nur eine sehr viel grössere Bandbreite an Vibrationen abfangen, insbesondere auch langsame Erschütterungen. Die starre Struktur kann gleichzeitig auch als kräftetragendes Bauteil verwendet werden – zum Beispiel in Propellern, Rotoren und Raketen.

*Markersubstanz*

## MUSKELKRANKHEIT SICHTBAR MACHEN

Die Amyotrophe Lateralsklerose (ALS) ist eine unheilbare Muskelkrankheit, bei der die für die Muskelsteuerung verantwortlichen Nervenzellen allmählich abgebaut werden. Es kommt zu Muskelschwund und -lähmungen, die zu Geh-, Sprech- und Schluckstörungen führen. Medikamente können den Krankheitsverlauf höchstens verzögern; oft beträgt die Lebenserwartung nach einer Diagnose nur wenige Jahre. Die Ursachen der Krankheit sind weitgehend unklar.

Einen wichtigen Beitrag zur Erforschung von ALS könnte eine neue Markersubstanz leisten. Entwickelt haben sie ETH-Forschende um Simon Ametamey, Professor am Departement für Pharmazeutische Wissenschaften, zusammen mit Experten des

Kantonsspitals St. Gallen und des Universitätsspitals Zürich. Mit der neuen Substanz wird es vielleicht möglich, den Krankheitsverlauf von ALS-Patienten mittels Positronen-Emissions-Tomografie (PET) nachzuverfolgen. PET ist ein bildgebendes Verfahren, mit dem man im Körpergewebe bestimmte Moleküle auf Zelloberflächen sichtbar machen kann. Dabei heften sich Markersubstanzen – sogenannte PET-Liganden – an die Moleküle. Die Substanzen sind schwach radioaktiv markiert (Halbwertszeit von einigen Minuten bis zu wenigen Stunden). Diese Strahlung wird bei der PET gemessen.

Die neue Markersubstanz wurde bereits erfolgreich an Ratten und Mäusen mit entzündetem Nervengewebe getestet, und die Wissenschaftler haben das Molekül zur Patentierung eingereicht. Klinische Studien bei Menschen stehen noch aus.



### *Arch Tec Lab*

## VON ROBOTERN GEFERTIGT

Organisch geschwungen, aus nachwachsendem Rohstoff – so präsentiert sich das Dach des neuen ETH-Gebäudes Arch Tec Lab, das auf dem Dach der Tiefgarage auf dem Campus Hönggerberg errichtet wurde. Es symbolisiert den Grundgedanken, dem das neue Bauwerk dienen wird: Das Bauen der Zukunft soll ressourceneffizient, emissionsfrei und gleichzeitig räumlich verdichtet sein. Mit ihrem neuen Gebäude Arch Tec Lab zeigt die ETH Zürich, welchen Beitrag Forschung und neue Technologien wie die Digitalisierung dazu leisten können.

Sechs Professuren des Instituts für Technologie in der Architektur haben zur Entwicklung

beigetragen und in verschiedenen Disziplinen ihre Ansätze im Massstab 1:1 umgesetzt. Der Neubau verkörpert Innovation auf zahlreichen Ebenen: angefangen beim komplett digitalisierten Bauprozess über das von Robotern gefertigte Holzdach und das neuartige Labor für digitale Fabrikation bis hin zur Gebäudestruktur, die ohne tragende Kerne auskommt und somit flexible Nutzungen ermöglicht.

In diesem Reallabor wollen die Forschenden des Instituts für Technologie in der Architektur auch in Zukunft gemeinsam mit ihren Studierenden neue Fragestellungen angehen und Lösungen vor Ort erproben.

# Mit Sensoren und Algorithmen zur smarten Infrastruktur

In Zukunft werden Infrastrukturen mit datengetriebenen Modellen kontinuierlich überwacht. Brücken, Windräder und Elefantengehege – sie alle sollen über eingebaute Sensoren Echtzeitdaten zu ihrem Verschleiss liefern.

Viele zentrale Infrastrukturen, wie Brücken und Strassen, aber auch Staudämme und Atomkraftwerke, wurden in den Nachkriegsjahren gebaut und erreichen derzeit das Ende ihrer Lebenszeit. Betonfundamente werden rissig, Stahlträger spröde. Die «American Society of Civil Engineers» schätzt in einem Rating von 2013, dass die Vereinigten Staaten bis 2020 rund 3,6 Milliarden Dollar in Strassen, Brücken, Aquädukte und Flughäfen investieren müssen, damit dem Land wegen Infrastrukturzerfall keine gravierenden Verluste entstehen. Unter diesen Vorzeichen ist es nicht erstaunlich, dass das Interesse an fortschrittlicher Technologie zur Überwachung von Infrastrukturen derzeit hoch ist.

## Mit Sensoren und Algorithmen

Die Griechin Eleni Chatzi gehört zu den führenden Forschenden, die den Zustand von Infrastrukturen mit Hilfe von Sensoren und ausgeklügelten Algorithmen bewerten. «Wir entwickeln hier eine Art von neuronalen Systemen für Infrastrukturen», erklärt Chatzi, seit 2010 Assistenzprofessorin am Institut für Baustatik und Konstruktion der ETH Zürich. «Structural Health Monitoring» heisst ihr Fachgebiet; Chatzi diagnostiziert die Gesundheit von Bauwerken. «Uns interessiert die Frage, wie wir mit möglichst wenigen, günstigen Sensoren möglichst viele Informationen zum Zustand eines Bauwerks erhalten.»



Der Betonring des Elefantenparks im Zoo Zürich wird durch Dehnungssensoren überwacht.

Am besten lässt sich Chatzis Forschung anhand von Brücken veranschaulichen: In Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Strassen hat ihre Gruppe die Unterseite einer 25 Meter langen Autobahnbrücke in der Nähe von Affoltern mit 20 Sensoren bestückt. Diese verband sie zu einem Messnetzwerk, das seither laufend Daten zu Verformungen, Vibrationen und Ermüdungserscheinungen an einen zentralen Computer vor Ort schickt. «Solche Bauten sind wie lebende Organismen», erzählt Chatzi. «Je nach Innen- und Aussentemperatur, Feuch-

tigkeit oder Windstärke verändern sie sich ständig.» Gefährliche Abnutzungen oder Folgen von extremer Beanspruchung, zum Beispiel durch Unwetter, werden anhand von Echtzeitbeobachtungen frühzeitig sichtbar. Noch interessanter ist für die Forschenden jedoch die Möglichkeit, zukünftige Ermüdungserscheinungen zu prognostizieren. Dafür entwickelt die Ingenieurin Algorithmen, mit denen die Messwerte mittels Computersimulation in die Zukunft projiziert werden. Das zukünftige Verhalten der Brücke kann so modelliert werden.

**Bestmöglich informierte Entscheidung** Inspiration für ihre Modelle holen sich Chatzi und ihr Team in den Elektroingenieurwissenschaften, im Maschinenbau und in der Flugzeugtechnik. Maschinen werden seit Langem über Sensoren in Echtzeit auf ihre Funktionstüchtigkeit und Abnutzung getestet. Im Infrastrukturbereich hingegen erfolgen Zustandskontrollen meist nach wie vor manuell: Experten begutachten während regelmässiger Inspektionen den Zustand von Brücken oder Staudämmen und leuchten bei Zweifeln das Innenleben des Betons mittels Ultraschall aus. Die Qualität solcher Inspektionen hängt stark von der Erfahrung der Person ab. Nicht immer sind zum Beispiel Fehlerstellen von aussen sichtbar. Die Folgen von Fehleinschätzungen können katastrophal sein: Als am 1. August 2007 die 581 Meter lange Mississippi River Bridge in Minnesota zusammenbrach, starben 13 Menschen und 145 wurden verletzt. Chatzi ist überzeugt, dass sich solche Unfälle durch Sensornetzwerke und darauf basierendes Echtzeitmonitoring verhindern lassen.

Im Idealfall werden solche Sensornetzwerke gleich von Beginn weg beim Bau von neuen Infrastrukturen mitgeplant. So geschehen beim neuen Ele-

fantenhause des Zürcher Zoos. Die Architekten haben zum Schutz der Elefanten ein ornamentales Holzdach mit 80 Metern Spannweite entworfen, das lediglich auf einem Betonring steht, der das Gehege umgibt. Der Ring wurde durch Betonkolonnen stabilisiert, die durch Stahlträger verstärkt und im Boden versenkt wurden. Vor der Betonierung installierte Chatzis Team 40 faseroptische Dehnungssensoren in Stabform (20 cm Länge / 1,5 cm Durchmesser) an den Stahlträgern. Sie liefern seither Daten in Echtzeit zur Spannung und Deformation des Betonrings. Bei extremer Beanspruchung durch Wind, Schneefall oder ein Erdbeben könnten die Ingenieure nun besser abschätzen, inwiefern der Bau beschädigt wurde, ob detaillierte Abklärungen nötig sind und ob der Ring restauriert werden muss. Darüber hinaus sammeln die Forscher kontinuierlich Daten zum Alterungsprozess des Betonrings, mit denen Chatzi ihre Modelle kalibrieren und weiterentwickeln kann.

## Für langlebige Windkraftwerke

Die intelligenten Überwachungssysteme haben Anwendungspotenzial in verschiedensten Bereichen. Letztes Jahr ging Chatzis Gruppe eine Koope-

ration mit dem Schweizer Energieunternehmen Repower ein. Windturbinen sind schon heute mit Sensoren ausgestattet, die Windgeschwindigkeit und -richtung, Temperatur und Feuchtigkeit registrieren. Die junge Professorin arbeitet aktuell an einem System, mit dem auch Daten zu Vibrationen und zu Ermüdungserscheinungen von Mast und Rotorblättern gesammelt werden können. «Durch die Verlängerung der Lebensdauer von Windkraftwerken steigt auch das Kosten-Nutzen-Verhältnis und damit die Attraktivität dieser Energie», sagt Chatzi. Letztes Jahr hat ihr Team eine Windturbine von Repower in Lübbenau mit sechs Sensoren ausgestattet und erste Vibrationsdaten gesammelt. Die EU fand die Idee so vielversprechend, dass Chatzis Grundlagenforschung im Bereich der Windturbinen mit einem Grant des European Research Council gefördert wird.

«Nach unserer Vision wird in Zukunft bei allen grossen Bauprojekten schon in der Projektierungsphase ein Sensorsystem zur Überwachung eingeplant», sagt die energische Ingenieurin. «Damit das zum Normalfall wird, ist jedoch ein Umdenken bei den Bauingenieuren nötig.» Denn hinter der Nutzung solcher Sensoren stecken grössere Veränderungen: Das Bauingenieurwesen wird zur Big-Data-Wissenschaft und die gebauten Infrastrukturen zu einem weiteren Bestandteil des alles umspannenden «Internets der Dinge». — Samuel Schlaefli

Professur Strukturmechanik:  
→ [www.chatzi.ibk.ethz.ch](http://www.chatzi.ibk.ethz.ch)



Ein faseroptischer Dehnungssensor für das Monitoring der Tragkapazität

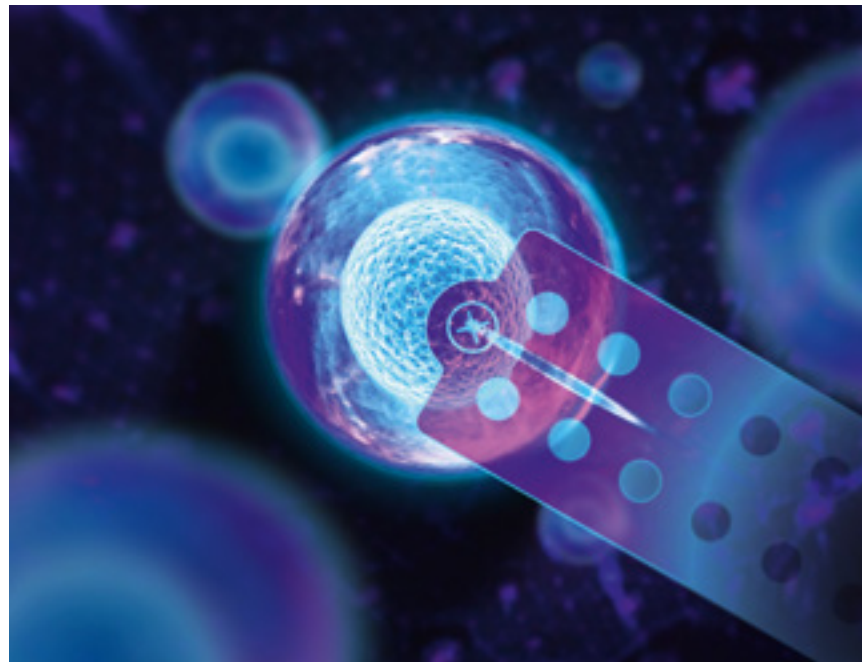
Revolutionäre Methode**EINZELNE LEBENDE ZELLEN ANZAPFEN**

Biologen interessieren sich zunehmend für das Verhalten einzelner Zellen statt für jenes ganzer Zellverbände. Forschende der ETH Zürich haben eine neue Methode entwickelt, die solche «Einzelzellanalysen» revolutionieren könnte. Sie erlaubt, einzelne lebende Zellen mit einer Mikroinjektionsnadel anzupiksen und deren Inhalt auszusaugen. «Unsere Methode erweitert das Repertoire der biologischen Forschung enorm. Wir öffnen quasi ein neues Kapitel», sagt Julia Vorholt, Professorin am Departement Biologie.

Die neue Methode ermöglicht es, einzelne Zellen einer Gewebekultur direkt in der Zellkulturschale zu beproben und so etwa der Frage nachzu-

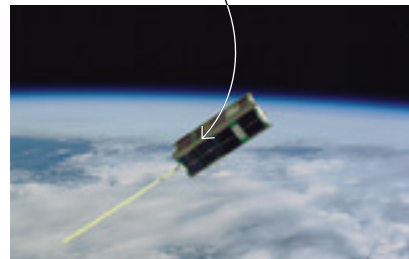
gehen, wie eine Zelle im Zellverband ihre Nachbarzellen beeinflusst. Ausserdem lässt sich die Mikronadel so genau steuern, dass die Wissenschaftler gezielt entweder den Inhalt des Zellkerns oder die den Zellkern umgebende Flüssigkeit, das Cytosol, anzapfen können. Und schliesslich können die Forschenden extrem präzise bestimmen, welche Menge Zellinhalt sie absaugen – bis auf einen zehntel Pikoliter genau, ein Zehnmilliardstel eines Milliliters. Zum Vergleich: Das Volumen einer Zelle ist zehn- bis hundertmal grösser.

Die neue Zellextraktionsmethode basiert auf dem in den vergangenen Jahren an der ETH Zürich entwickelten Mikroinjektionssystem FluidFM, das als «kleinste Injektionsnadel der Welt» gilt. Um auch Stoffe aus Zellen extrahieren zu können, entwickelten Vorholt und ihre Gruppe das System weiter.



Die Forschenden können genau bestimmen, welche Menge Zellinhalt sie aus der Zelle absaugen.

Interessant für den Einsatz in Kleinstsatelliten

Leistungselektronik**ULTRASCHNELLER ANTRIEB**

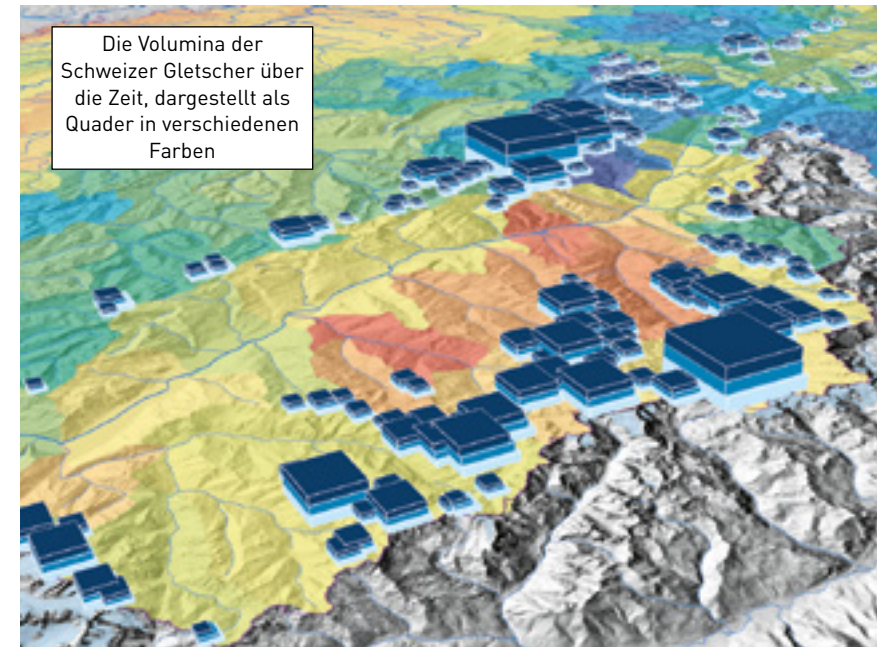
Schwindelerregende 150 000 Umdrehungen pro Minute: Forschende der ETH Zürich aus dem Power Electronic Systems Laboratory von Professor Johann Kolar haben mit Kollegen des ETH-Spin-offs Celeroton einen ultraschnellen Elektroantrieb für Reaktionsräder entwickelt, der magnetisch gelagert ist. Die magnetische Lagerung des Rotors – anstelle von herkömmlichen Kugellagern – ermöglicht eine starke Miniaturisierung des Antriebssystems und macht dieses interessant für den Einsatz in Kleinstsatelliten.

Epigenetik**TRAUMASYMPTOME ÜBERWINDEN**

Traumatische Erlebnisse in der Kindheit können später im Leben zu Verhaltensauffälligkeiten führen. Diese Symptome sind bei Mäusen reversibel, wenn sie im Erwachsenenalter in einer angenehmen Umgebung leben, wie Forschende um Isabelle Mansuy, Professorin für Neuroepigenetik an Universität und ETH Zürich, zeigen konnten. Damit wiesen sie nach, dass Umweltfaktoren Verhaltensänderungen korrigieren können, die sonst an die Nachkommen vererbt würden.

Atlas der Schweiz**ONLINEZUGRIFF AUF 3D-KARTEN**

Das ETH-Institut für Kartografie und Geoinformation stellt sein mehrfach preisgekröntes Werk «Atlas der Schweiz» erstmals online und kostenlos zur Verfügung. Gegenüber der Vorgängerversion auf CD wurden Benutzeroberfläche und Menüstruktur neu konzipiert und nach den Prinzipien des sogenannten User-Centred Design gestaltet. So können Nutzerinnen und Nutzer die Karten einfach und intuitiv abrufen, neu auch in 3D. Die erforderliche Windows-App kann gratis heruntergeladen werden, eine Mac-Version ist in Entwicklung: [www.atlasderschweiz.ch](http://www.atlasderschweiz.ch)



Die Volumina der Schweizer Gletscher über die Zeit, dargestellt als Quader in verschiedenen Farben

Hochgebirgsregionen**ÜBERSCHWEMMUNGEN VS. TROCKENHEIT**

Der Himalaja und die Anden sind geprägt von über 6000 Meter hohen Bergen und Gletschern. Klimamodelle geben für beide Regionen eine ähnliche Zunahme der Jahresmitteltemperaturen bis Ende des 21. Jahrhunderts an. Trotz dieser Gemeinsamkeiten dürfte sich der Wasserhaushalt der beiden Hochgebirgsregionen gegenteilig entwickeln. Menschen in Nepal werden künftig eher mit Hochwasser zu kämpfen haben, während in Chile mit längeren Trockenzeiten zu rechnen ist. Zu diesem Schluss kommen Forschende der ETH Zürich und der Universität Utrecht, die den Wasserhaushalt der beiden Hochgebirgsregionen mit Hilfe von Messdaten und Klimamodellen umfassend untersucht haben.

Elektrochemische Materialien**TROCKENAKKU FÜR MEHR SICHERHEIT**

In Lithium-Ionen-Akkus kann man auf kleinem Raum viel Energie speichern. Dies macht sie zur Energiequelle der Wahl für mobile Elektronikgeräte wie Handys, Laptops, aber auch E-Bikes und Elektroautos. Lithium-Ionen-Akkus sind aber nicht ganz ungefährlich: Mehrfach sind Handybatterien explodiert, was zu Verletzungen geführt hat. Forschende der ETH Zürich haben nun einen Akku-Typ entwickelt, der im Gegensatz zu den herkömmlichen ausschliesslich aus festen chemischen Verbindungen besteht und nicht entzündlich ist.

In klassischen Lithium-Ionen-Akkus sind Plus- und Minuspol – die beiden Elektroden – aus festen leitenden Verbindungen gefertigt; dazwischen bewegen sich Ladungen in einem flüs-

sigen oder gelförmigen Elektrolyten. Lädt man einen solchen Akku unsachgemäss auf oder lässt man ihn in der Sonne liegen, kann sich die Flüssigkeit entzünden. Anders in sogenannten Festkörperakkus, die zurzeit in Labors weltweit entwickelt werden. In ihnen ist auch der Elektrolyt aus festem Material gefertigt, und sie können sich nicht entzünden.

ETH-Forschende unter der Leitung von Jennifer Rupp, Professorin für elektrochemische Materialien, stellten einen solchen Akku her mit einer Schicht einer lithiumhaltigen Verbindung (Lithiumgranat) als festem Elektrolyten. «Dank dieses festen Elektrolyten kann man nicht nur Batterien bei höheren Temperaturen betreiben, sondern auch Dünnschichtakkus bauen», sagt Rupp und ergänzt: «Solche Akkus könnten die Energieversorgung von tragbaren Elektronikgeräten revolutionieren.»

# EIN WETTKAMPF,

Mit dem vom ETH-Team «Varileg» entwickelten Exoskelett sollen Paraplegiker sogar im Alltag selbstständig auf unebenem Boden gehen können.



Dank einer speziellen Raupenkonstruktion kann der von ETH-Studierenden entwickelte Rollstuhl «Scewo» Treppen bewältigen.

*Maschinen, die Menschen bei körperlichen Problemen helfen, werden immer besser. Im Rollstuhl Treppen überwinden, dank Exoskelett wieder gehen oder mit Armprothesen knifflige Aufgaben meistern: Menschen mit Behinderungen zeigen am Cybathlon, was mit technischen Assistenzsystemen möglich ist. Mit dem Wettkampf organisiert die ETH Zürich eine Premiere, die zu Innovationen anspricht.*

TEXT Martina Märki BILD Alessandro Della Bella

# DER BEWEGT



H

*err Riener, in wenigen Wochen startet der Cybathlon. Rund 80 Athleten und ihre Teams aus 24 Nationen haben sich zu diesem Grossanlass angemeldet. Was beschäftigt Sie derzeit?*

Wir überprüfen gerade nochmals alle Teamregistrierungen, ob sie den Vorgaben entsprechen. Insbesondere ist wichtig, dass alle Anforderungen an die Sicherheit erfüllt sind. Diesen Aspekt nehmen wir sehr ernst, weil wir, anders als bei einem normalen sportlichen Wettkampf, sehr innovative Technologien zeigen, mit denen man noch wenig Erfahrung hat. Zudem sind unsere Wettkämpfer keine Wettkampfprofis, sondern Menschen mit Behinderungen, die sich erstmals als Piloten zur Verfügung gestellt haben.



**Robert Riener**

**Leiter Departement Gesundheitswissenschaften und Technologie, Organisator Cybathlon**

Robert Riener, der die Idee des Cybathlons entwickelte, ist ordentlicher Professor für Sensomotorische Systeme am Departement für Gesundheitswissenschaften und Technologie (D-HEST) und an der Medizinischen Fakultät der Universität Zürich. Er wurde im Mai 2003 als Assistenzprofessor für Rehabilitation Engineering an die ETH Zürich berufen, wo er 2006 zum ausserordentlichen Professor und 2010 zum ordentlichen Professor ernannt wurde.

*Was unterscheidet den Cybathlon von den Paralympics?*

Bei uns geht es nicht um körperliche Höchstleistungen. Die Piloten sollen nicht maximale körperliche Leistungen erbringen, sondern sie sollen vielmehr alltagsgerechte Herausforderungen meistern. Wir fördern ausserdem den Einsatz von Technologien, die bei den Paralympics nicht zugelassen sind, wie Motoren, Sensoren, Displays etc. Damit können wir stärker behinderte Menschen ansprechen, die bei den Paralympics nicht als Teilnehmer zugelassen wären. Bei uns nehmen sogar Menschen mit einer hohen Querschnittslähmung teil, zum Beispiel beim Rollstuhllernen und beim Parcours für Brain-Computer-Interfaces.

*Der Cybathlon soll nicht nur für die direkt Beteiligten ein Erlebnis werden, sondern auch für eine grössere Öffentlichkeit. Was ist die Idee dahinter?*

Wir wollen auf die Möglichkeiten aufmerksam machen, die neue Technologien für Menschen mit Behinderungen bieten, aber auch Grenzen der Technik aufzeigen. Und wir wollen die Forschenden dazu anregen, noch vermehrt brauchbare, alltagstaugliche und akzeptable Assistenzgeräte für Menschen mit Behinderungen zu entwickeln. Wir möchten möglichst viele Menschen ansprechen. So wird beispielsweise das Schweizer Fernsehen den Anlass live übertragen.

*Wie haben Sie sichergestellt, dass Ihre Pläne den Bedürfnissen von Menschen mit Behinderungen entsprechen?*

Ganz zu Beginn haben wir sehr technikbezogen gedacht. Wir haben aber schnell gemerkt, dass wir so nur einen Teil der wirklichen Bedürfnisse von Menschen mit Behinderungen erfassen. Assistenztechnologien müssen nicht nur funktionieren, sondern auch zumutbar sein und akzeptiert werden.

Ausserdem müssen die Betroffenen sie finanzieren können. Es gibt auch Befürchtungen, ob die Förderung von Hightech-Hilfsmitteln nicht auf der anderen Seite Tendenzen fördert, die öffentliche Hand aus der Pflicht zu nehmen, die Barrierefreiheit zu garantieren. Solche Fragen sind im Laufe des Projekts vermehrt aufgetaucht. Deshalb gibt es zusätzlich zu den Wettkämpfen ein umfassendes Begleitprogramm, an dem solche Aspekte diskutiert werden. Und wir haben Menschen mit Behinderungen als Experten im Beraterkomitee sowie grosse und kleine Behindertenorganisationen als Gönner oder Sponsoren mit an Bord. So konnten wir deren Meinungen mit einbeziehen.

*Was sagen Sie zu Befürchtungen, dass hochtechnisierte Assistenzsysteme den Menschen zum Cyborg machen könnten?*

Sie meinen, ob die Verführung besteht, auch den gesunden Menschen maschinell zu optimieren? Gegenwärtig stellt sich das Problem so nicht, da die heutige Technologie die Funktionalität und vor allem die Vielseitigkeit des menschlichen Körpers noch nicht annähernd nachbilden kann. Man sieht an den Paralympics manchmal hochtechnische Geräte, Beinprothesen etwa, mit denen der Athlet vielleicht weiter springen kann als jemand mit zwei gesunden Beinen. Aber diese Prothese ermöglicht eben nur zu springen. Sie ist überhaupt nicht alltagstauglich. Und genau das ist das Problem: Viele Technologien heute funktionieren nur in Spezialfällen oder nur im Labor und sind für den Alltag nicht brauchbar. Das wollen wir ändern.

*Wer wird am Cybathlon aktiv dabei sein?*

Von den teilnehmenden Teams stammt rund ein Viertel aus der Industrie, >



### Hindernisse meistern mit motorisierten Rollstühlen

Für Menschen im Rollstuhl sind Schwellen, Bordsteine oder Treppen alltägliche Hindernisse. Am Cybathlon präsentieren sich ganz unterschiedliche Lösungen für das Problem. Am Start sind motorisierte Rollstühle, die per Joystick, Zungensteuerung, Touchpad oder mittels anderer Technologien gesteuert werden. Im Parcours treten jeweils vier Piloten auf parallelen Bahnen gegeneinander an, um je sechs Hindernisse schnell und präzise zu überwinden. Der Pilot, der die meisten Aufgaben in der kürzesten Zeit ausführt, gewinnt das Rennen.

drei Viertel sind Hochschulteams. Wir wollten bewusst alles offenhalten, so dass sich sowohl bestehende Produkte als auch ganz neue Ideen aus dem Labor oder sogar der Prototyp eines Tüftlers aus der Garage miteinander messen können. Davon erhoffen wir uns maximale Inspiration für weitere Innovationen.

*Lassen sich schon Tendenzen im Teilnehmerfeld erkennen?*

Man kann jetzt schon sagen, dass die Geräte aus der Industrie meist robuster sind, während die Vorschläge aus den Hochschulen innovativer, aber auch weniger ausgereift und störungsanfälliger sind. Dann gibt es teilweise, je nach Herkunftsland, auch Unterschiede in der Komplexität der vorgestellten Technologien. Das heisst aber nicht, dass eine hochkomplexe Technologie automatisch die bessere Lösung ist. Es kann durchaus sein, dass

ein einfaches Gerät Vorteile hat. Ich rechne mit Überraschungen.

*Was macht die Entwicklung von Assistenzgeräten derzeit besonders interessant?*

## Die Schweiz ist in der Robotik und in der Reha-Robotik stark.

Es gibt im Augenblick interessante Entwicklungen in vielen Technologiebereichen. Kleinere Batterien machen die Geräte leichter, längere Laufzeiten erlauben mehr Mobilität. Auch die Entwicklungen in der Computertechnologie und der Robotik machen heute Dinge möglich, die man vor zehn Jahren einfach noch nicht konnte. Zudem

werden neue Materialien entwickelt, die sich dem Körper besser anpassen, die leichter und dennoch stabiler sind.

*Ist die Schweiz ein gutes Umfeld für die Entwicklung solcher Technologien?*

Unbedingt. Der Forschungs- und Technologiestand ist hier sehr hoch und es gibt überproportional viel medizintechnische Industrie, insbesondere kleinere und mittelständische Unternehmen. Zudem sind wir in der Robotik, speziell in der Neuro-Reha-Robotik stark, sowohl in der Forschung als auch in der Industrie. Deshalb unterstützen dankenswerterweise bereits viele Firmen den Cybathlon. Ohne die Unterstützung durch Firmen und Verbände ist ein Cybathlon in dieser Form garnicht realisierbar. Wir würden uns freuen, wenn sich noch weitere Gönner und Partner bereitfinden, dieses Ereignis via ETH Zürich Foundation zu fördern. >

## Virtuelles Rennen mit Gedankensteuerung

Dank Gehirn-Computer-Schnittstellen können selbst Menschen mit vollständiger Lähmung Geräte über Hirnsignale steuern, beispielsweise einen Computer oder einen Roboterarm. Im virtuellen Rennen mit Gedankensteuerung führen die Piloten mittels solcher Schnittstellen künstliche Figuren (Avatare) in einem speziell entwickelten Computerspiel. Die Piloten müssen die entsprechenden Signale im richtigen Augenblick aussenden, damit ihre Avatare Hindernisse überspringen oder sich schneller bewegen.



## Geschicklichkeitsproben mit Armprothesen

Um den Alltag selbstständig zu bewältigen, sind Arme und Hände fast unerlässlich. Zum Glück hat die Prothetik grosse Fortschritte gemacht. Am Cybathlon zeigen Menschen, die den Arm unterhalb oder auch oberhalb des Ellenbogens durch Amputation verloren haben, was Armprothesen heute können. Mit Wäscheklammern Wäsche aufhängen, eine Mahlzeit zubereiten, schwere Objekte Treppen hochtragen oder besonders kleine Gegenstände fassen – die Aufgaben in diesem Wettkampf sind mitten aus dem Leben gegriffen.



## Hindernisparcours mit Beinprothesen

Herkömmliche Beinprothesen sind oft schwer und unbequem oder sie entwickeln zu wenig Kraft und können sich nicht gut an die ständig wechselnden Anforderungen im Alltag anpassen. Aktive Beinprothesen mit innovativen Technologien ermöglichen es Personen nach einer Beinamputation, ohne Anstrengung Treppen zu steigen und ohne Stolpern auf unebenem Untergrund zu gehen. Im Hindernisparcours mit Beinprothesen müssen verschiedene Schrittfolgen und Bewegungen ausgeführt werden, die nur geschickten Piloten gelingen.



### Radrennen mit elektrischer Muskelstimulation

Die elektrische Muskelstimulation ermöglicht, gelähmte Muskeln wieder zu bewegen. Durch Elektroden auf der Haut oder implantierte Schrittmacher wird dabei ein Stromimpuls zu den Muskeln geleitet, die sich dann zusammenziehen. Dadurch kann ein Pilot mit Rückenmarksverletzung, dessen Nervenbahnen zwischen Gehirn und Beinmuskeln unterbrochen sind, mit Hilfe eines intelligenten Steuergeräts eine Bewegung auslösen, zum Beispiel ein Fahrradpedal treten. An diesem Radrennen nehmen nur Piloten mit Rückenmarksverletzung teil, und nur Fahrräder ohne Motor sind zugelassen. Die ganze Energie muss mit Muskelkraft erzeugt werden.

#### Wie schätzen Sie die Chancen der ETH-Projekte am Cybathlon ein?

Die ETH ist mit zwei Projekten beteiligt: Das Team «Scewo» präsentiert einen der wenigen Rollstühle, die Treppen steigen können, das Team «Varileg» ein Exoskelett. Beide Projekte haben in meinen Augen gute Chancen, obwohl sie noch sehr jung sind. Es sind Produkte studentischer Projektgruppen, die erst vor knapp zwei Jahren mit der konkreten Entwicklung begannen. Wenn man dies berücksichtigt, sind sie enorm weit gekommen.

#### Gibt es andere Projekte, die Sie besonders beeindrucken?

Ich bin fasziniert vom Projekt eines schwedischen Teams. Es handelt sich um eine Armprothese mit einer robotischen Hand. Die Prothese ist direkt in den Armknochen integriert und zusätzlich ist eine zwölfkanalige Elektromyografie zur Erkennung der Muskelaktivitäten in den Arm muskel im-

plantiert. So kann der Pilot mit Hilfe von Impulsen der Armmuskulatur die Hand bewegen. Wie belastbar diese Art der Anbindung wirklich ist, muss sich allerdings erst noch zeigen.

#### Was geschieht nach dem Cybathlon?

Die ETH Zürich will sich weiterhin mit Cybathlon-Events engagieren. Um noch mehr Innovationen zu fördern, sind bereits ähnliche internationale und nationale Wettkämpfe in verschiedenen Ländern oder für einzelne Disziplinen geplant. Vorgesehen sind auch Demonstrationen an Schulen, denn wir möchten junge Menschen für das Gebiet begeistern und zum Kontakt mit Menschen mit Behinderungen motivieren. Wir haben noch viel vor. ○



CYBATHLON

**8.10.2016, Kloten Swiss Arena**  
Erleben Sie den Cybathlon, den Wettkampf für Menschen mit Behinderungen, die neue technische Assistenzsysteme erproben. Rund 80 Athleten aus 24 Nationen nehmen teil. Ein wissenschaftliches Symposium und ein Programm für Schulklassen im Umfeld der Veranstaltung vertiefen die Kontakte mit und zwischen Menschen mit Behinderungen, Experten und Forschenden.

**Tickets bestellen**  
[www.ticketcorner.ch/cybathlon](http://www.ticketcorner.ch/cybathlon)



### Parcours mit robotischen Exoskeletten

Früher waren sie in Science-Fiction-Filmen zu sehen, heute werden robotische Exoskelette in Krankenhäusern zur Therapie bei Patienten eingesetzt, die sich nicht mehr selbstständig fortbewegen können. Dank ihnen können paraplegische Menschen wieder gehen. Für den Cybathlon werden die komfortabelsten und wenigsten Exoskelette gesucht, die es den Piloten ermöglichen, auch vielfältige Alltagsbewegungen zuverlässig auszuführen, wie das Gehen auf unebenem Terrain.

# MENSCH NACH MASS?

Soll der Mensch durch neue Technologien beliebig optimiert werden? Wo liegen Vorteile, wo Risiken und Grenzen? Im Projekt «Mensch nach Mass» der Stiftung Science et Cité, des Collegium Helveticum und der Paulus-Akademie konnten Bürgerinnen und Bürger ihre Meinung kundtun. Lassen Sie sich von Ausschnitten aus dem subjektiven Meinungsbild zum Nachdenken anregen.

TEXT Martina Märki ILLUSTRATION Svenja Plaas



**1** Wie fühlen Sie sich, wenn Apps oder andere technische Hilfsmittel Sie ständig messen oder messen würden?

Ergebnis Umfrage:  
**Sicherer:** 29, **Nicht anders:** 85,  
**Unter Druck:** 220, **Fit und gesund:** 18,  
**Bisschen krank:** 41, **Verrückt:** 1

**2** Fänden Sie es gut, bei der Eheschliessung den Einbau eines Chips zu ermöglichen, welcher der Partnerin oder dem Partner sexuelle Aktivität mit einer anderen Person melden würde?

Ergebnis Umfrage:  
**Ja:** 10, **Nein:** 384

«Zurück zum Keuschheitsgürtel?!» ♂ (65)

**3** Möchten Sie, dass alle Ihre persönlichen Daten, die irgendwo online gespeichert sind, nach Ihrem Tod gelöscht werden?

Ergebnis Umfrage:  
**Ja:** 153, **Nein:** 229

«Vielleicht werden solche Daten zukünftig von Interesse sein, z. B. für die Forschung.» ♀ (33)

«Kein Zittern mehr, wunderbar. Gegen die Persönlichkeitsveränderung Medikamente einnehmen ...» ♀ (66)

«Meine Persönlichkeit ist mir wichtig. Sie darf keinesfalls verändert werden. Auch nicht zum Erhalt von Körperfunktionen ...» ♀ (23)

**4** Stellen Sie sich vor, Sie haben Parkinson. Würden Sie sich einen Hirnschrittmacher einbauen lassen, der das Zittern behebt, gleichzeitig aber zu starken Persönlichkeitsveränderungen wie Depression führen kann?

Ergebnis Umfrage:  
**Ja:** 57, **Nein:** 243, **Weiss nicht:** 106

**5** Möchten Sie aus Ihrem «Ich» eine Software machen lassen, mit der man nach Ihrem Tod einen Roboter programmieren könnte?

Ergebnis Umfrage:  
**Ja:** 34, **Nein:** 342, **Weiss nicht:** 24

«Wenn das jemals so wirklich möglich sein sollte – sofort!» ♂ (40)

«Jeder Mensch soll und darf einzigartig sein und bleiben!» ♀ (30)

**6** Nehmen Sie an, Ihr Nachbar kauft sich eine Kontaktlinse, mit der er 3-fach zoomen kann. Benehmen Sie sich nun anders in Ihrem Alltag?

Ergebnis Umfrage:  
**Ja:** 69, **Nein:** 283, **Weiss nicht:** 42

«Soll er doch. Darf ich auch, wenn ich will. Vielleicht hat er auch ein Fernglas oder eine Videokamera, so what ;)» ♂ (25)

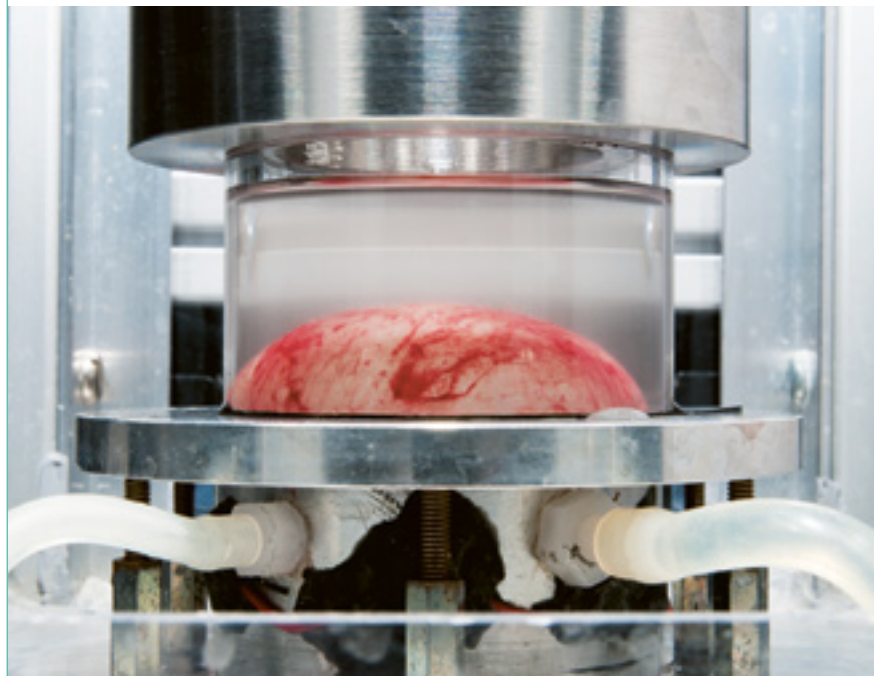
«Solange es meine Mutter nicht stört, wäre es eine Erleichterung für die Angehörigen. Dennoch ersetzen Sensoren keine persönlichen Kontakte.» ♀ (34)

«... Wo bleibt die Entscheidungsfreiheit der Mutter, freiwillig auf ihren Spaziergang (oder gar auf ihre Medikamente) zu verzichten? ...» ♂ (57)

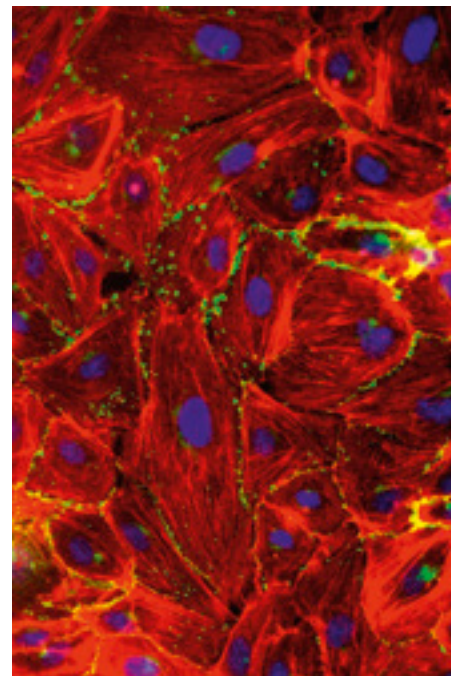
**7** Fänden Sie es wünschenswert, wenn man die Wohnung Ihrer alten, alleinstehenden Mutter mit Sensoren ausstatten könnte, die Alarm schlagen, wenn die Milch überkocht, die Medikamente nicht eingenommen werden oder die Mutter den täglichen Spaziergang ausfallen lässt?

Ergebnis Umfrage:  
**Ja:** 144, **Nein:** 188, **Weiss nicht:** 64

Mehr über das Projekt «Mensch nach Mass» erfahren Sie hier:  
 → [menschnachmass.ch](http://menschnachmass.ch)



Mit diesem Gerät untersuchen die Forscher die mechanischen Eigenschaften von Geweben.



Im Labor gelang es, auf einem Trägermaterial eine geschlossene Schicht an Endothelzellen unter hoher mechanischer Belastung zu züchten.

# FORTSCHRITT AUF ALLEN EBENEN

*Immer mehr Menschen leben mit einem Kunstherz. Doch die heutigen Geräte haben gravierende Nachteile. ETH-Forschende entwickeln nun mit Medizinern Alternativen.*

TEXT Felix Würsten

**L**m Jahr 1982 setzte der amerikanische Herzchirurg Robert Jarvik in Salt Lake City einem Patienten das weltweit erste dauerhafte Kunstherz ein. Barney Clark, ein pensionierter Zahnarzt, überlebte den Eingriff zwar «nur» 112 Tage; dennoch wurde mit dieser Operation eine neue Ära in der Herzchirurgie eingeleitet. Seither kommt es immer häufiger vor, dass solche Unterstützungssysteme nicht mehr nur zur Überbrückung eingesetzt werden, sondern dass sie als längerfristige Lösungen das Überleben der Patienten sichern sollen.

Wie gross der Bedarf an solchen Systemen ist, zeigt sich allein schon an den Zahlen des Deutschen Herzzentrums Berlin, welches das weltweit grösste Kunstherzprogramm betreibt: Dort wurden bisher über 2500 Unterstützungssysteme eingesetzt. Und die Nachfrage dürfte in den nächsten Jahren weiter zunehmen: Immer mehr Patientinnen und Patienten leiden unter Herzinsuffizienz, nicht zuletzt auch aufgrund der steigenden Lebenserwartung; gleichzeitig stagniert die Zahl der verfügbaren Spenderherzen.

**Enge Kooperation mit Medizinern**  
Das Problematische daran ist, dass die heutigen Kunstherzen einige gravierende Schwächen aufweisen. So kommt es immer wieder zu schweren Komplikationen, weil sich in den künstlichen Pumpen Blutgerinnsel bilden, die zu einem Schlaganfall führen können. Und auch die Verbindung zur Batterie, welche die Pumpe mit Energie versorgt, ist ein heikler Punkt: Die künstliche Körperöffnung, durch die das Verbindungskabel geführt wird, ist ein Hort für gefährliche Infektionen.

Diese unbefriedigende Situation war der Grund, warum die ETH zusammen mit dem Universitätsspital und der Universität Zürich vor fünf

Jahren unter dem Dach von Hochschulmedizin Zürich das Projekt «Zurich Heart» lancierte. Die Idee dahinter: Das breite medizinisch-technische Know-how bündeln, das in Zürich vorhanden ist, und die vorhandenen Technologien weiterentwickeln. Inzwischen, so berichtet Edoardo Mazza, Professor am ETH-Institut für Mechanische Systeme und Co-Leiter des Projekts, habe sich innerhalb dieses Projekts eine regelrechte Community gebildet, die sehr gut funktioniert. «Wir arbeiten an einer Vielzahl von Problemen und können von unserem Wissen gegenseitig profitieren.» Tatsächlich sind inzwischen eine ganze Reihe von Professuren der beiden Hochschulen involviert. Sie betreuen 28 Doktorierende und insgesamt 75 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die in verschiedenen Teilprojekten arbeiten.

«Die Ausgangslage für ein solches Vorhaben ist in Zürich ideal», erklärt Volkmar Falk, ärztlicher Direktor des Deutschen Herzzentrums Berlin. Der frühere Direktor der Klinik für Herz- und Gefässchirurgie des Universitätsspitals Zürich und Initiator des Projekts brachte nach seinem Wechsel nach Deutschland einen gewichtigen neuen Partner dazu, verfügen die Ärzte in Berlin doch über eine grosse klinische Erfahrung. Gerade den engen Austausch mit diesen Spezialisten empfindet Dimos Poulidakos, ETH-Professor für Thermodynamik und ebenfalls Co-Leiter des Projekts, als sehr anregend: «Die Mediziner denken wie wir Ingenieure lösungsorientiert, deshalb verstehen wir uns sehr gut mit ihnen. Ihre Rückmeldungen helfen uns, die Prioritäten bei der Entwicklung richtig zu setzen.»

**Bessere Komponenten, neue Ideen**  
Ein wesentliches Ziel von «Zurich Heart» besteht darin, einzelne Komponenten so zu optimieren, dass es insgesamt zu weniger Komplikationen >



**Systemmodifikation**  
**Dimos Poulidakos**

Professor für Thermodynamik am ETH-Departement für Maschinenbau und Verfahrenstechnik. Im Projekt «Zurich Heart» leitet er den Teilbereich Systemmodifikation, bei dem die Verbesserung der heutigen Unterstützungssysteme im Mittelpunkt steht.

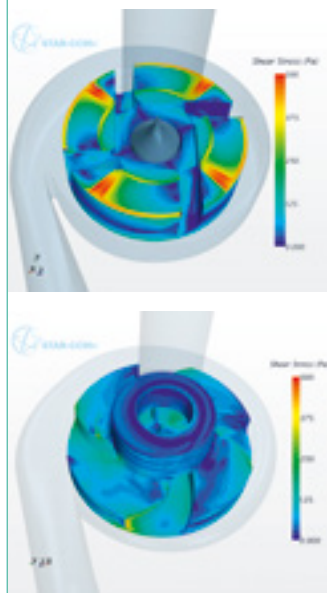
**Alternative Systeme**  
**Edoardo Mazza**

Professor für Mechanik am Departement für Maschinenbau und Verfahrenstechnik der ETH Zürich. Er ist im Projekt «Zurich Heart» für den Teilbereich alternative Systeme zuständig. Dabei geht es unter anderem um den Einsatz von neuen Materialsystemen in Kunstherzen.



**Klinische Integration**  
**Volkmar Falk**

Ordinarius der Klinik für Herz-, Thorax- und Gefässchirurgie der Charité sowie ärztlicher Direktor des Deutschen Herzzentrums Berlin. Als ehemaliger Direktor der Klinik für Herz- und Gefässchirurgie des Universitätsspitals Zürich ist er im Projekt «Zurich Heart» für die klinische Integration der neu entwickelten Systeme verantwortlich.



Weniger Belastung dank neuer Geometrie: In den heute verwendeten Pumpen wird das Blut hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt (zu erkennen im oberen Bild an den roten Stellen mit hohen Scherkräften). Mit einem verbesserten Design lässt sich die Belastung markant reduzieren (unten).

kommt und gleichzeitig die Leistung des Systems verbessert wird. So entwickeln die ETH-Ingenieure etwa eine neue Regelung, welche die heutige passive Steuerung ersetzen soll. Gelingt das Vorhaben, werden Kunstherzen das Blut künftig nicht mehr mit einer konstanten Rate durch den Körper pumpen, sondern die geförderte Menge automatisch an die Belastung anpassen. Erste mehrstündige Akutversuche mit Tieren verliefen vielversprechend. In einem nächsten Schritt sind nun Langzeitversuche geplant, bei denen die Tiere mit der neuartigen Pumpe mehrere Wochen leben werden.

Auch das Design der Herzpumpe haben die Ingenieure verbessert. Mit Hilfe von Simulationen gelang es ihnen, eine Pumpe mit hoher hydraulischer Effizienz zu konstruieren, welche die roten Blutkörperchen weniger schädigt. Gerade diese Schädigung ist für die Patienten ein ernsthaftes Problem, wird damit doch der Sauerstofftransport im Blut beeinträchtigt.

Positives gibt es auch bei der Stromversorgung zu vermeiden: Die ETH-Ingenieure entwickeln ein drahtloses System, das die künstliche Pumpe effizient mit Energie versorgt. Das Prinzip basiert – ähnlich wie die drahtlosen Ladegeräte der Mobiltelefone – auf elektrischer Induktion. Die Herausforderung besteht darin, eine übermässige Erwärmung des Gewebes zu vermeiden. Im Experiment gelang es, eine Leistung von 30 Watt zu übermitteln und dabei die Verluste so klein zu halten, dass die Erwärmung des Gewebes auf 1,5 Grad beschränkt blieb.

Die bestehende Technik zu verbessern, ist allerdings nur ein Teil des Projekts. In einem zweiten Teil verfolgen die Ingenieure und Naturwissenschaftler auch völlig neue Ansätze, die zu ganz anderen Konstruktionen führen könnten. So experimentieren sie beispielsweise mit verformbaren Materialien, mit denen sich eine Pumpe herstellen liesse, die eher dem natürlichen Herzen entspricht. Eine entscheidende Frage ist, wie sich solche Materialien längerfristig verhalten, wenn sie einer immer wiederkehrenden Verformung ausgesetzt werden.

#### Schlüsselfaktor Endothelzellen

Sowohl die Verbesserung von Komponenten als auch die Entwicklung von neuen Konzepten tangieren Fragen, die in die Grundlagenforschung reichen. Ein entscheidender Punkt ist etwa, wie man den Kontakt des Bluts mit fremdem Material vermeiden könnte, weil gerade dies Komplikationen verursacht. Natürliche Blutgefässe sind auf der Innenseite mit einer Schicht Endothelzellen ausgekleidet, die den Austausch zwischen dem Blut und dem Gewebe regulieren. Die Idee der Forschenden ist nun, zusammen mit Ingenieuren der Empa Dübendorf körpereigene Endothelzellen auf einem flexiblen Substrat zu züchten und

dieses neue Gewebe mit den künstlichen Materialien zu verbinden.

Die Wissenschaftler sind inzwischen in der Lage, eine solche künstliche Endothelzellenschicht innerhalb von wenigen Stunden zu züchten. Zusätzlich haben sie einen speziellen Bioreaktor entwickelt, mit dem sie die Situation im menschlichen Körper nachbilden können. Der Reaktor erlaubt es, Materialverbindungen im Labor realitätsnah zu testen und abzuklären, ob die Verbindungen den hohen Drücken in neuen Pumpsystemen standhalten. Damit, so hoffen die Wissenschaftler, lässt sich nicht zuletzt die Anzahl Tierversuche reduzieren.

#### Umfangreiche Tests

Obwohl in etlichen Teilprojekten von «Zurich Heart» bereits erfreuliche Fortschritte erzielt wurden, wird es noch einige Zeit brauchen, bis die neuen Technologien im klinischen Alltag eingesetzt werden können. So müssen neue Materialien in umfangreichen Ermüdungstests ihre klinische Tauglichkeit unter Beweis stellen. Zudem müssen in länger dauernden Tierversuchen Langzeitdaten zur dauerhaften Funktionsfähigkeit gewonnen werden. Auch die neuen Sensoren und Algorithmen, die zur Steuerung der Pumpen verwendet werden, müssen zahllose Test überstehen, ebenso wie die kabellose Übertragung von Energie oder Daten. Auch bei diesen Komponenten darf es im praktischen Einsatz keine Störungen geben, die einen Systemausfall verursachen, würde dies doch die betroffenen Patienten akut gefährden. «Neben den erheblichen regulatorischen Erfordernissen, die vor der Zulassung im Menschen erfüllt sein müssen, gilt es schliesslich auch noch die Finanzierung des Technologietransfers sicherzustellen», ergänzt Falk. «Denn Translation ist teuer.» ○

Bild: S. Boës, ETH Zürich, und L. Wiegmann, UZH

# HIRN AN ROBOTER: «BITTE BEWEGEN»

*Mit Gedanken einen Roboter steuern, der die gelähmte Hand führt: Ein Projekt aus dem ETH-Labor für Rehabilitationstechnik könnte Therapie und Alltag für Schlaganfallpatienten grundlegend verändern.*

TEXT Roland Baumann

Schlaganfall. Dieser Schicksalsschlag widerfährt jedem sechsten Menschen im Laufe seines Lebens. Allein in der Schweiz sind es 16 000 Menschen pro Jahr. Zwei Drittel der Betroffenen erleiden eine Armlähmung. In einem aufwändigen Training können Patientinnen und Patienten – je nach Schwere der Hirnschädigung – die Kontrolle über den Arm und die Hand bis zu einem gewissen Grad wiedererlangen. Das kann eine klassische Physio- und Ergotherapie sein, es können aber auch Roboter zum Einsatz kommen.

Roger Gassert, Professor für Rehabilitationstechnik an der ETH Zürich, hat verschiedene solcher Roboter zur Therapie der Handfunktion entwickelt und sieht in ihnen ein gutes Mittel, um Patienten bei der Therapie zu unterstützen. Ob aber Physio- oder Robotertherapie: Beide Formen sind meist auf ein bis zwei Trainingseinheiten pro Tag limitiert und für Patienten zudem aufwändig, wenn sie zur Therapie fahren müssen.

#### Exoskelett als Übungsroboter

«Meine Vision ist, dass Patienten die Übungen nicht mehr in einer abstrak-



Roger Gassert ist seit 2008 Professor für Rehabilitationstechnik an der ETH Zürich. Er studierte Mikrotechnik an der EPFL, wo er im Bereich neurowissenschaftliche Robotik promovierte. Nach Forschungsaufenthalten in London, Vancouver und Kyoto hatte er 2007 die Leitung des gemeinsamen Robotiklabors der EPFL und der Universität Tokio übernommen, bevor er an die ETH Zürich berufen wurde. Seine Professur wird von der ETH Zürich Foundation in Zusammenarbeit mit der Hocoma AG unterstützt.

Bild: Giulia Marthaler

ten Situation in der Klinik machen, sondern zuhause im Alltag, und dass ein Roboter sie je nach Schweregrad der Schädigung unterstützen kann», sagt Gassert und präsentiert ein Exoskelett für die Hand. Die Idee für diesen Roboter hat er zusammen mit Professor Jumpei Arata von der Kyushu Universität (Japan) entwickelt, als dieser 2010 während eines Sabbaticals in Gasserts Labor arbeitete.

«Bestehende Exoskelette sind schwer, was ein Problem ist für unsere Patienten, weil sie dann die Hand nicht heben können», erklärt Gassert das Konzept. Zudem haben die Patienten Mühe, etwas zu spüren und die richtige Kraft auszuüben. «Deshalb wollten wir ein Modell, das die Innenfläche der Hand kaum berührt, damit man im Alltag Aktivitäten ausführen kann, die nicht nur die Motorik, sondern auch die Sensorik unterstützen», führt er aus. Arata entwickelte einen Mechanismus für den Finger mit drei übereinanderliegenden Blattfedern. Ein Motor bewegt die mittlere Feder, welche die Kraft über die anderen beiden Federn auf die verschiedenen Fingerabschnitte überträgt. Die Finger >

ETH GLOBE 3/2016

passen sich so automatisch dem Objekt an, das die Hand greifen will.

Mit den integrierten Motoren wog das Exoskelett allerdings 250 Gramm, was sich in klinischen Tests für die Patienten als zu schwer herausstellte. Die Lösung bestand darin, die Motoren von der Hand zu entfernen und am Rücken anzubringen. Über ein Fahrradbremskabel wird die Kraft auf das Exoskelett übertragen. So wiegt das Handmodul inzwischen knapp 120 Gramm und ist kräftig genug, um eine Literflasche Mineralwasser zu heben.

#### Hirnabläufe erforschen

Was Gassert zurzeit aber wirklich umtreibt, ist die Frage, was im Hirn passiert und wie nach einem Schlaganfall die Befehle aus dem Hirn die Gliedmassen erreichen: «Gerade bei schwer betroffenen Patienten ist die Verbindung zwischen Hirn und Hand stark oder vollständig unterbrochen», erklärt Gassert. «Wir suchen deshalb nach einer Lösung, wie Patienten intuitiv Befehle an den Roboter geben können.» Die Absicht eines Patienten, die Hand zu bewegen, soll im Hirn detektiert und direkt ans Exoskelett weitergegeben werden. Dabei soll ein therapeutischer Nutzen entstehen. Verschiedene Studien zeigen laut Gassert, dass sich bestehende Nervenverbindungen zwischen Hirn und Hand durch regelmässiges Üben stärken lassen. Voraussetzung ist, dass das Hirn eine sensorische Rückmeldung von der Hand erhält, wenn es einen Befehl zur Bewegung gibt.

Um zu verstehen, was im Hirn abläuft, forscht Gassert mit Klinikern, Neurowissenschaftlern und Therapeuten an den Grundlagen. Hierfür stehen den Wissenschaftlern verschiedene bildgebende Verfahren zur Verfügung, etwa die funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRI), mit der man die Aktivitäten des ganzen Hirns abbil-



Das Hand-Exoskelett mit den Motoren, die am Rücken getragen werden: Ein Velobremskabel überträgt die Kraft, die ausreicht, um eine Literflasche Wasser zu heben.

den kann. Damit lassen sich grundlegende Erkenntnisse gewinnen, doch für die Therapie ist die Technologie wenig geeignet: fMRI ist sehr teuer und enorm komplex. «Und natürlich nicht tragbar», ergänzt Gassert mit Blick auf sein Projekt. Deshalb setzt er auf einfachere Verfahren wie die Elektroenzephalografie (EEG) – und insbesondere die funktionelle Nahinfrarotspektroskopie (fNIRS), die günstigste dieser Technologien. An der Herausforderung, ob und wie sich fNIRS robust einsetzen lässt, arbeitet Gassert zurzeit mit einer Gruppe am Universitätsspital. Sie bringt Erfahrung in der klinischen Anwendung dieser Technik mit.

#### Grundlegende Erkenntnisse

Auch die Frage, wie das Gehirn Gliedmassen ansteuert, die mit der Umgebung interagieren, ist noch nicht vollständig geklärt. «Hier leistet die Robotik auch wertvolle Beiträge zur Grundlagenforschung, denn sie ist ideal, um eine Bewegung zu erfassen, sie zu stören und die Reaktion zu messen», erklärt Gassert. So haben die Robotiker etwa ein Exoskelett entwickelt,

mit dem sich das Knie beim Gehen für 200 Millisekunden blockieren und über 5 Grad auslenken lässt. Mittels Sensoren messen die Wissenschaftler die Kräfte, die dabei wirken, und aus diesen Daten können sie daraufschliessen, wie das Hirn die Steifigkeit des Knies moduliert. Diese Erkenntnisse fliessen dann etwa in die Regelung von neuartigen aktiven Prothesen ein.

Gelingt es den Forschenden, die Verbindung zwischen Hirn und Exoskelett herzustellen, steht ein Gerät zur Verfügung, das sich bestens für die Therapie eignet. Sind die Defizite hingegen bleibend, könnte der Roboter auch Langzeitunterstützung bieten – als Alternative zu invasiven Methoden, an denen auch geforscht wird. Diese sehen beispielsweise vor, Elektroden ins Hirn einzupflanzen und Stimulatoren in den Muskeln anzusteuern. Solange ein Schlaganfallpatient aber davon ausgehen darf, dass er sich noch erholen kann, würde er den Roboter bestimmt vorziehen. ○

Labor für Rehabilitationstechnik:  
→ [www.relab.ethz.ch](http://www.relab.ethz.ch)

# DIE MIKRODOKTOREN IN UNSEREM KÖRPER

*Für nichtinvasive, selektive Therapien entwickeln ETH-Forschende ausgeklügelte technische und biologische Winzlinge. Darunter genmodifizierte Zellen, die sich über Gehirnströme aktivieren lassen, und Schwärme von Mikrorobotern, die Wirkstoffe punktgenau applizieren.*

TEXT Samuel Schläefli

Richard Fleischner, der Regisseur des 1966er-Kultfilms «Fantastic Voyage», hätte seine helle Freude an Bradley Nelsons Forschung gehabt: Ähnlich wie in Fleischners Film will Nelson nämlich winzige Roboter mit Wirkstoffen beladen und exakt an die Stelle der nötigen Behandlung im menschlichen Körper manövrieren, zum Beispiel an die Stelle eines Krebstumors. Alternativ könnten die Winzlinge auch mit Instrumenten bestückt werden, die Operationen ohne chirurgischen Eingriff ermöglichen. Die Vorteile gegenüber klassischen Behandlungen mit Medikamenten liegen auf der Hand: eine wesentlich spezifischere Therapie und dadurch weniger Nebenwirkungen.

#### Feilen an Materialien und Designs

Nelson ist kein Phantast und Geschichtenerzähler, sondern Professor für Robotik und Intelligente Systeme an der ETH Zürich. Er hat sich mit seinen Robotern im Mikro- und Nanometerbereich weltweit einen Namen gemacht. Bis heute hält er einen Eintrag im Guinness-Buch der Rekorde für den «Most Advanced Mini Robot for Medical Use». Seine Roboter sind typischer-



Bradley Nelsons medizinische Mikroroboter sind von natürlichen Mikroorganismen inspiriert.

weise wenige Mikrometer gross und von der Natur inspiriert. Beobachtungen bei Mikroorganismen, wie zum Beispiel die Funktionsweise von Geisseln bei Bakterien – eine Art Ringelschwanz zur Fortbewegung – dienen ihm als Vorbild für eigene mechanische Antriebe im Mikrometermassstab. Die Energie zur Fortbewegung erhalten sie durch einen äusseren Impuls, zum Beispiel ein elektromagnetisches Feld.

Die wie Science Fiction anmutende Vision wird in Nelsons Gruppe all-

mählich Realität: Im In-vivo-Experiment an einer Maus konnte sie einen Schwarm von 80 000 Mikrorobotern exakt steuern und darüber einen Modellwirkstoff an zuvor definierte Orte im Mauskörper transportieren. Trotzdem müssen die Forscher noch eine Reihe von Fragen klären, bis erste Experimente und Anwendungen beim Menschen angegangen werden. Fragen der Materialität und des Designs stehen dabei im Fokus. «Wir können uns beim Design solcher Roboter >



**Bradley Nelson** ist seit 2002 Professor für Robotik und Intelligente Systeme an der ETH Zürich. Sein primäres Forschungsgebiet sind Mikro- und Nanoroboter für medizinische Anwendungen. Er verfügt über mehr als 30 Jahre Erfahrung im Bereich Robotik und seine Forschung wurde mehrfach ausgezeichnet.



**Martin Fussenegger** ist seit 2002 Professor für Biotechnologie und Bioingenieurwissenschaften am «Department of Biosystems Science and Engineering» (D-BSSE) der ETH Zürich in Basel. Er entwickelt neue Therapien durch die biotechnologische Umprogrammierung von Zellen. Er hat über 270 Beiträge in wissenschaftlichen Magazinen veröffentlicht und fungierte als Miterfinder bei zahlreichen Patenten.

nicht auf unsere Intuition stützen, weil Materialien sich in diesen Grössenordnungen oft anders verhalten, als wir es gewohnt sind», erklärt Nelson. Spezielle 3D-Drucker haben die Palette verwendeter Materialien für das Design von Mikrorobotern von Halbleitermetallen in Richtung Kunststoffe erweitert. So gelang es Nelsons Team letztes Jahr in Zusammenarbeit mit den Kollegen von Christofer Hierolds Gruppe, einen Roboter aus gut verträglichem Biopolymer zu schaffen, der sich nach getaner Arbeit im Körper auflöst.

Noch einen Schritt weiter geht der Ingenieur in seiner aktuellen Publikation. Die dort präsentierten Mikroroboter können ihre Form abhängig von den Umweltbedingungen transformieren. Nelson nennt sie deshalb «Origami Robots». Als Stimulus für die Formänderung dient ein pH-Wechsel in Körperflüssigkeiten, ein Temperaturunterschied oder ein Lichtimpuls. Die Verformbarkeit der Roboter basiert auf einem mehrschichtigen Aufbau mit unterschiedlichen Hydrogelen. Da sich die Biopolymere bei einem externen Stimulus unterschiedlich ausdehnen oder verkürzen, wird der Roboter formbar.

Wiederum stand die Natur Pate für das Design: Das Bakterium *Trypanosoma brucei*, der Erreger der Schlafkrankheit, hat eine schmale, langgezogene Form, um sich effizient in Körperflüssigkeiten fortzubewegen. Sobald das Bakterium jedoch im Blutkreislauf ist und nicht mehr auf den eigenen Antrieb angewiesen ist, geht es in eine kompakte, gedrungene Form über – eine weitere Designoption für einen möglichst effizienten medizinischen Mikroroboter.

«Vor 15 Jahren waren wir noch ganz am Anfang. Heute können wir jedoch schon viele Mechanismen sehr genau steuern», resümiert Nelson. Die nächste grosse Herausforderung ist die

Autonomie: «Uns beschäftigt die Frage, wie wir Intelligenz in die Mikroroboter bringen.» Die Winzlinge sollen nämlich künftig, nachdem sie einmal im Körper ausgesetzt wurden, selbst ans Ziel finden. Genau so, wie es natürliche Einzeller seit Jahrtausenden tun.

### Zellen als biologische Überwachungssysteme

Bradley Nelson ist nicht der einzige ETH-Forscher, der Medizin von Grund auf neu denkt: Martin Fussenegger, Professor für Biotechnologie und Bioingenieurwissenschaften, plant eine kleine Revolution in der medizinischen Therapie. Dass wir unseren Körper meist relativ spät einfach mit Medikamenten «füllen» und dann auf den gewünschten Effekt hoffen, findet Fussenegger «hanebüchen».

Sein Team am Department of Biosystems Science and Engineering (D-BSSE) in Basel geht deshalb einen anderen Weg. Es will den Therapeuten dorthin bringen, wo die Krankheit sitzt: «Wir programmieren körpereigene Zellen zu biologischen Überwachungssystemen um. Diese reagieren im Körper frühzeitig auf Krankheiten.» Solche «molekularen Prothesen» sollen metabolische Defekte kompensieren, die für Krankheiten wie Diabetes, Krebs oder Fettleibigkeit verantwortlich sind.

Mit molekularen Standardmethoden kann er Zellen so umprogrammieren, dass sie bei einem externen Impuls einen gewünschten Wirkstoff produzieren und ausscheiden – meist bestimmte Proteine. Als Impuls nutzt sein Team Licht. Denn in der Optogenetik, einem noch jungen Forschungsfeld, wurden in den vergangenen Jahren grosse Fortschritte bei der gezielten Steuerung von genetisch modifizierten Zellen mittels Licht erzielt. Fussenegger ist es im Mausmodell vor zwei Jahren erstmals gelungen, modifizierte

menschliche Zellen durch die Bestrahlung mit Licht im Nahinfrarotbereich zum Ausschütten eines menschlichen Modelleiwisses anzuregen.

### Implantat als Wirkstofffabrik

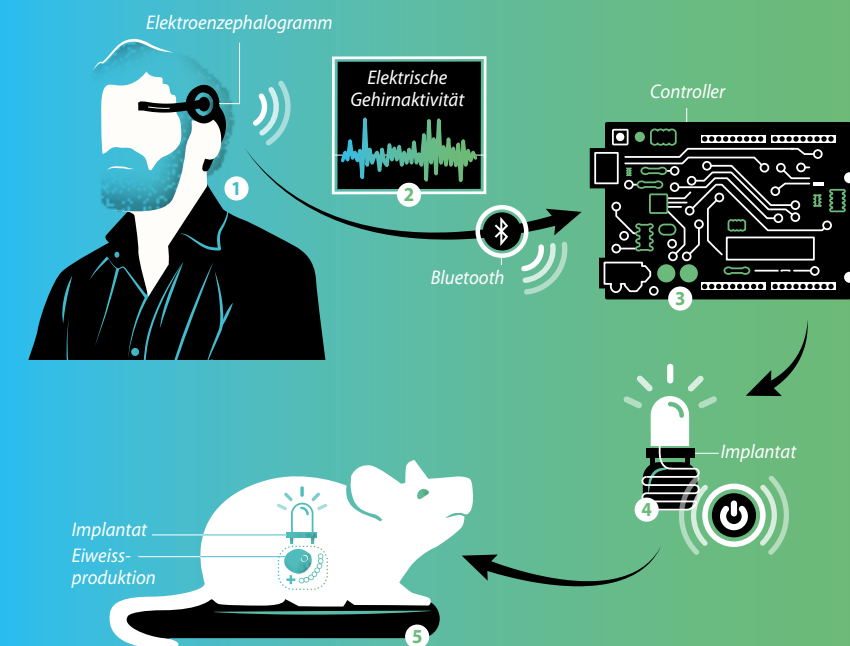
Für die möglichst genaue Steuerung hat Fusseneggers Gruppe ein Implantat aus Kunststoff entwickelt, das die Lichtquelle (eine winzige Infrarot-LED) und eine semipermeable Kulturkammer mit den genetisch veränderten Zellen vereint. Die Lampe wird anschliessend durch ein körperexternes elektromagnetisches Feld induktiv mit Strom versorgt. Das ausgeklügelte System ebnet den Weg für selbstgesteuerte Therapien: zum Beispiel über ein Elektroenzephalogramm, aufgenommen auf der Stirn des Patienten (siehe Grafik). «Solche optogenetischen Therapiesysteme werden ein wichtiger Bestandteil einer personalisierten Medizin sein», ist Fussenegger überzeugt. Das im Mausmodell getestete Implantat hatte noch die Grösse eines Zweifränklers. Die nächste Generation gleicht eher einem Streichholz und braucht bedeutend weniger Energie.

«Der Strom zum Aktivieren der Lampe – und damit der Proteinproduktion – könnte in Zukunft auch von einem Smartphone oder einer Uhr kommen», prognostiziert Fussenegger. Das würde komplett neue Möglichkeiten der Arzt-Patient-Beziehung eröffnen: Der Doktor in den USA könnte bei einem Diabetespatienten, der sich gerade auf Europareise befindet, den Insulin-gehalt regeln, indem er über Internet die Produktion der Designerzellen aktiviert. So zumindest eine Vision von Medizin im kommenden Zeitalter des Internets der Dinge. ○

Mehr Informationen:  
→ [www.msrl.ethz.ch/de/forschung](http://www.msrl.ethz.ch/de/forschung)  
→ [www.silva.bsse.ethz.ch/groups/group\\_fussenegger](http://www.silva.bsse.ethz.ch/groups/group_fussenegger)

## HEILEN MIT GEDANKEN

Was esoterisch klingt, könnte leichter möglich werden dank eines raffinierten Implantats: Heilende Wirkstoffe durch Denken im Körper aktivieren.



Über einen einfachen Elektroenzephalografen (EEG) ① auf der Stirn des Patienten kann die elektrische Aktivität des Gehirns aufgezeichnet werden. Diese wird über Bluetooth ② an einen Controller ③ übermittelt, der über ein elektromagnetisches Signal die Lampe des Implantats ④ ansteuert, die die Wirkstoffproduktion anregt. Eine solche Selbststeuerung könnte vor allem Patienten dienen, die von chronischen Kopf- und Rückenschmerzen sowie Epilepsie geplagt werden. Denn oft kündigen sich Schmerzschübe über veränderte Gehirnaktivitäten an. Wie seismische Wellen bei Erdbeben können sie als

Vorboten genutzt werden. Durch eine frühzeitige Expression eines passenden Proteins würde der Patient therapiert, noch bevor erste Schmerzen auftreten.

In ersten Studien konnten mit EEG ausgestattete Testpersonen je nach Modi des Denkens (Konzentration oder Entspannung) die Eiweissproduktion von modifizierten Zellen in einem Implantat in Mäusen ⑤ steuern. Fussenegger rechnet mit ersten klinischen Tests in fünf bis zehn Jahren. Er geht davon aus, dass die Implantate halbjährlich ersetzt werden müssten: ambulant über einen kleinen Schnitt im Oberarm oder Oberschenkel.





## Mit uns in die Zukunft.

Wenn Ihnen Ihre berufliche Entwicklung wichtig ist, sind Sie bei uns richtig. Wir sind, wo Sie hinwollen. In der Schweiz, Europa, Amerika, Asien und Australien. Ein global tätiger Arbeitgeber mit hoher Innovationskraft, vertrauensvollen Umgangsformen und hervorragenden Weiterbildungsmöglichkeiten. Sie verfügen über einen Abschluss in Elektrotechnik, Maschinenbau oder Werkstofftechnik. Wir bieten Ihnen den idealen Einstieg ins R&D, Product und Market Management oder Application Engineering und freuen uns auf Ihre Kontaktaufnahme.

> [career.ch@hubersuhner.com](mailto:career.ch@hubersuhner.com) oder +41 71 353 43 04

HUBER+SUHNER AG 9100 Herisau/8330 Pfäffikon Switzerland, [hubersuhner.com](http://hubersuhner.com)



## ETH zürich



## Beste Karrierechancen dank ETH Management-Ausbildung

Rund ein Drittel des Top-Managements der Schweiz hat an der ETH studiert.

### Master of Advanced Studies

Kernkompetenzen für Managementpositionen vermittelt in einer flexiblen und praxisnahen Weiterbildung.

Dauer: flexibel, generell 4 Semester, Teilzeit  
Studienreise: China

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

### MAS ETH MTEC

Eine einzigartige Management-Ausbildung mit Schwerpunkt auf Supply Chain Management.

Dauer: 18 Monate, Teilzeit  
Studienreisen: China, Japan, Russland, USA

[www.mba.ethz.ch](http://www.mba.ethz.ch) →

# COMMUNITY



Blick in den Innenhof des neuen Gebäudes HWO

### Student Housing

## VIEL RAUM FÜR BEGEGNUNG

Der ETH-Standort Höggerberg wird zum Campus, auf dem nicht nur geforscht und gelehrt, sondern auch gewohnt wird. Im September beziehen rund 900 Studierende ihr neues Zuhause im Südwesten des Campus, in unmittelbarer Nähe von Hörsälen und Laboren. Errichtet wurden die beiden Neubauten HWW und HWO von der Luzerner Pensionskasse und Swiss Life im Baurecht. Damit auf dem neuen Campus auch richtig gelebt werden kann, verfügen die Wohnobjekte nicht nur über zahlreiche Gemeinschaftsräume, sondern auch über Ladenflächen, die an Geschäfte vermietet werden.

### Venture 2016

## GESCHÄFTSIDEEN PRÄMIERT

Der Start-up-Wettbewerb Venture geht auf eine Initiative der ETH Zürich, von McKinsey und der Knecht Holding zurück. Im elften Jahr ging der Sieg in der Kategorie Geschäftsidee an den Spin-off Themofcompany, gegründet von Forschenden der ETH Zürich, des Paul Scherrer Instituts (PSI) und der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW). Themofcompany will einen einzigartigen Produktionsservice für sogenannte metall-organische Gerüste (Metal-Organic Frameworks, MOF) anbieten. Die Jungfirma möchte mit ihrem Angebot den industriellen Prozess revolutionieren. Auch der zweite Platz ging an einen ETH-Spin-off: Hemotune

entwickelt eine neue therapeutische Plattform für die Blutreinigung. Funktionalisierte, magnetische Nanopartikel werden in einen dialyseähnlichen Kreislauf eingebracht und entfernen aus dem Blut spezifische krankheitsbedingte Stoffe.

Zum Sieger in der Kategorie Geschäftsplan wurde die Firma T3 Pharmaceuticals gekürt, ein Spin-off der Universität Basel mit einer neuartigen Methode, um Krebs mit Bakterien zu bekämpfen. Zwei ETH-Vertretungen gelang in dieser Kategorie der Sprung unter die besten fünf: Der Firma Comfyllight, die eine intelligente Glühbirne entwickelt hat, und dem Spin-off Peripal mit einem neuen Gerät für die Heimdialyse. Das Interesse am Businessplan- und Geschäftsideenwettbewerb Venture war ungebrochen: 230 Teams machten mit, 114 reichten ihre Idee ein, 116 ihren Geschäftsplan.

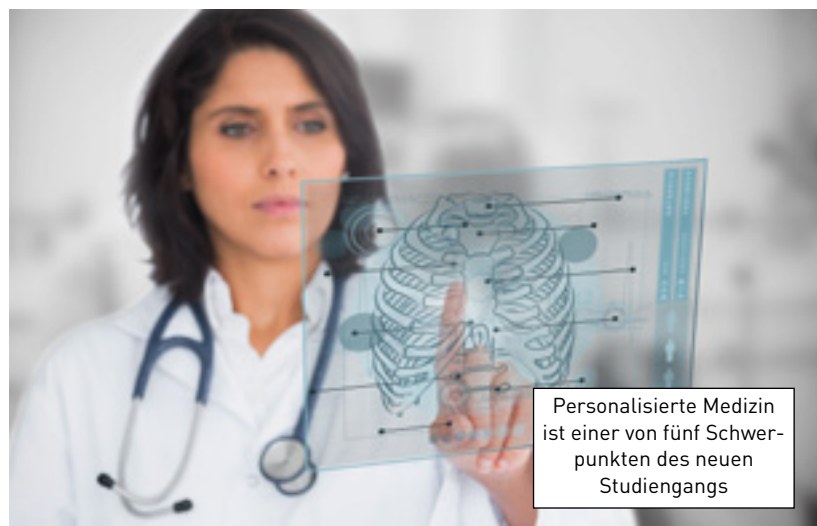
### Society in Science

## DREI NEUE ETH-FELLOWS

Für das Förderprogramm «Society in Science» wurden neun neue Fellows bestimmt. Davon stammen mit Matthieu Emmanuel Galvez, Vanessa Rampton und Takuya Segawa drei der zukünftigen Fellows aus der ETH. «Society in Science» ist an der ETH Zürich angesiedelt und wurde durch mehrere Schenkungen des 2010 verstorbenen Unternehmers und ETH-Alumnus Branco Weiss geöffnet. Es bietet Nachwuchsforschenden weltweit die Möglichkeit, im Anschluss an ihre Promotion während bis zu fünf Jahren einem selbst bestimmten Forschungsthema nachzugehen.

# Medizin studieren an der ETH

Ab Herbst 2017 bietet die ETH Zürich 100 Bachelorstudienplätze in Medizin an. Es entsteht ein neuartiger Studiengang, der medizinische Inhalte mit Naturwissenschaften verbindet.



Personalisierte Medizin ist einer von fünf Schwerpunkten des neuen Studiengangs

«Sì, possiamo. Ja, wir können.» So lautete letztes Jahr die Antwort der ETH Zürich auf die Anfrage des Bundesrats an die Universitäten und die ETH, ob sie einen Beitrag zur Behebung des Ärztemangels in der Schweiz leisten können.

Aussenstehende mag die Ankündigung der ETH überrascht haben, ab Herbst 2017 hundert Bachelorstudienplätze in Medizin anzubieten. Wer aber in Betracht zieht, dass insbesondere neue Erkenntnisse aus Naturwissenschaften und Technik die Medizin revolutionieren, den kann dieser Schritt nicht wundern. «Die Perspektiven für medizinische Diagnose, Prognostik und Therapie wandeln sich rapide dank neuer Entwicklungen in der Bioinformatik, den molekularen Biowissenschaften und den bildgebenden Verfahren – alles Disziplinen, in denen die ETH schon heute an vorderster

Front forscht und lehrt», erklärt ETH-Präsident Lino Guzzella die Hintergründe. Das Engagement der ETH in der medizinischen Ausbildung ist also ein logischer, wenn nicht sogar notwendiger Schritt.

«Um die neuen Technologien, die etwa die personalisierte Medizin verspricht, möglichst rasch in der Praxis nutzen zu können, brauchen wir künftig Ärzte, die neben medizinischem Wissen auch ein vertieftes naturwissenschaftlich-technisches Verständnis haben», sagt Rektorin Sarah Springman, die an der ETH die Lehre verantwortet. So geht es der Hochschule nicht darum, einfach einen weiteren Studiengang in Medizin anzubieten. Vielmehr erarbeitet zurzeit ein Projektteam auf Hochtouren ein neues, komplementäres Angebot. Dem Team gehören Vertreterinnen und Vertreter aus dem Bereich der Rektorin an sowie

aus dem ETH-Departement Gesundheitswissenschaften und Technologie (D-HEST), wo der neue Studiengang angesiedelt sein wird. Kolleginnen und Kollegen der Universität Zürich (UZH), der Universität Basel (UniBas) und der Università della Svizzera Italiana (USI) unterstützen sie dabei. Dies sind die drei Partneruniversitäten, die gemeinsam mit der ETH dem Bundesrat «Sì, possiamo – ja, wir können» antworteten und die entsprechenden Masterstudienplätze bereitstellen. Beratend steht dem Projektteam ein Beirat mit internationalen Experten zur Seite.

## Neuartiges Curriculum

Das Curriculum des ETH-Bachelors sieht medizinische, klinische und naturwissenschaftliche Module vor, wie Professor Christian Wolfrum ausführt, der als Delegierter für den neuen Studiengang verantwortlich zeichnet: «Die Grundlagen der verschiedenen Organe und Organsysteme vermitteln wir in Zusammenarbeit mit der Universität Zürich.» Hinzu kommen die naturwissenschaftlichen Fächer Biologie, Chemie, Physik sowie Mathematik und Statistik. «Diese Grundlagen sollen die Studierenden dann befähigen, in die fünf medizinwissenschaftlichen Module einzutauchen, die den ETH-Bachelor charakterisieren», erklärt Wolfrum weiter. Die medizinwissenschaftlichen Schwerpunkte sind Drug Discovery und personalisierte Medizin, Medizintechnik, medizinische Bildgebung, Medizininformatik sowie Public Health. Abgeschlossen wird das Bachelorstudium mit einem Forschungspraktikum an der Schnitt-

stelle von Grundlagenforschung und Translation in die klinische Anwendung.

Nach drei Jahren Bachelorstudium an der ETH wechseln die Studierenden für den Master an eine der drei Partneruniversitäten. Sie garantieren, dass jeder Absolvent und jede Absolventin des ETH-Bachelors einen Masterstudienplatz in Medizin hat. Eingebunden in die Entwicklung des Curriculums, nehmen die UZH, die UniBas und die USI die ETH-Bachelor ohne Bedingungen wie ein Zusatzjahr in ihre Masterstudiengänge auf.

An welcher der Universitäten die einzelnen Studierenden ihren Master machen werden, erfahren sie nach dem zweiten Studienjahr. Bei der Zuteilung zum Masterstudienplatz werden ihre Wünsche in Abhängigkeit der Studienleistung sowie sozialer Faktoren berücksichtigt. Ein Modell, das sich in ähnlicher Form an der Universität Fribourg bewährt hat.

## Erweitertes Berufsbild

Wenn die Studierenden nach sechs Jahren ihren Master machen, erlangen sie damit die Zulassung zur eidgenössischen Prüfung in Humanmedizin – die eigentliche Berufsbefähigung. Dann stehen ihnen neben einer klassischen Tätigkeit als Arzt oder Ärztin in einem Spital, oder später mit eigener Praxis, verschiedene weitere Karrieren offen, sei es in der Industrie, der Gesundheitspolitik, dem Versicherungswesen oder der Wissenschaft.

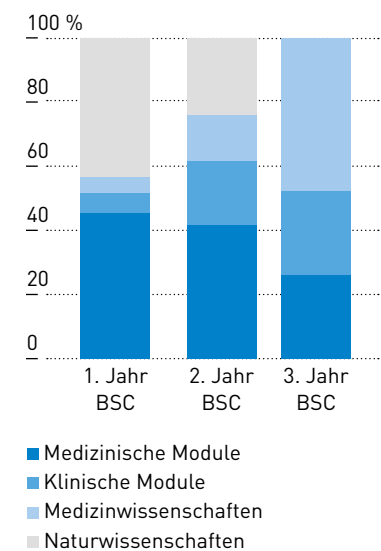
In einem Jahr erwartet die ETH also ihre ersten Medizinstudierenden. Damit sie tatsächlich starten können, ist nur noch eine letzte Hürde zu neh-

men: Um die Anzahl der Absolventinnen und Absolventen mit den Aufnahmekapazitäten der schweizerischen medizinischen Fakultäten auf Masterstufe abstimmen zu können, braucht die ETH für diesen Bachelorstudiengang eine Zulassungsbeschränkung. Die entsprechende Revision des ETH-Gesetzes wird zurzeit von den eidgenössischen Räten beraten und sollte – wenn alles gut geht – Anfang 2017 in Kraft treten.

– Roland Baumann

## Aufbau des ETH-Bachelors in Medizin

Der Studiengang umfasst 180 ECTS-Punkte und dauert drei Jahre. In den ersten beiden Jahren werden neben medizinischen und klinischen Kenntnissen die Grundlagen in Naturwissenschaften vermittelt, auf denen die Module in Medizinwissenschaften aufbauen.



## Spin-off

### DARMINFEKTIONEN



Zunehmende Antibiotikaresistenzen machen Darmkrankheiten wie Clostridium-difficile-Infektionen (CDI) lebensbedrohlich. Die stetige Zunahme dieser gefährlichen Infektion verursacht in den westlichen Ländern Kosten in Milliardenhöhe. Der ETH-Spin-off **Pharmabiome** entwickelt eine revolutionäre Therapie, die gesunde Bakterien in den Darm bringt und Komplikationen massiv verringern kann. Die Jungunternehmer überzeugten am Venture-Kick-Finale im Juni und erhielten ein Startkapital von 130 000 Franken.

→ [www.pharmabiome.com](http://www.pharmabiome.com)

### AUF SPURENSUCHE

**Haelixa** ist ein neuer ETH-Spin-off, der DNA-basierte Markersubstanzen auf den Markt bringen will. Stoffe zur Kennzeichnung von Produkten oder Flüssigkeiten werden in vielen Bereichen eingesetzt, unter anderem auf Ölfeldern. Häufig sind sie jedoch toxisch oder radioaktiv. Demgegenüber sind die neuen Markersubstanzen, die auf DNA beruhen, umweltfreundlich und erst noch äusserst vielfältig. Die junge Firma, deren Mitgründerin Michela Puddu mit einem ETH Pioneer Fellowship gefördert wird, sucht nun Partner, um den Erdöl- und Geothermiesektor zu erschliessen.

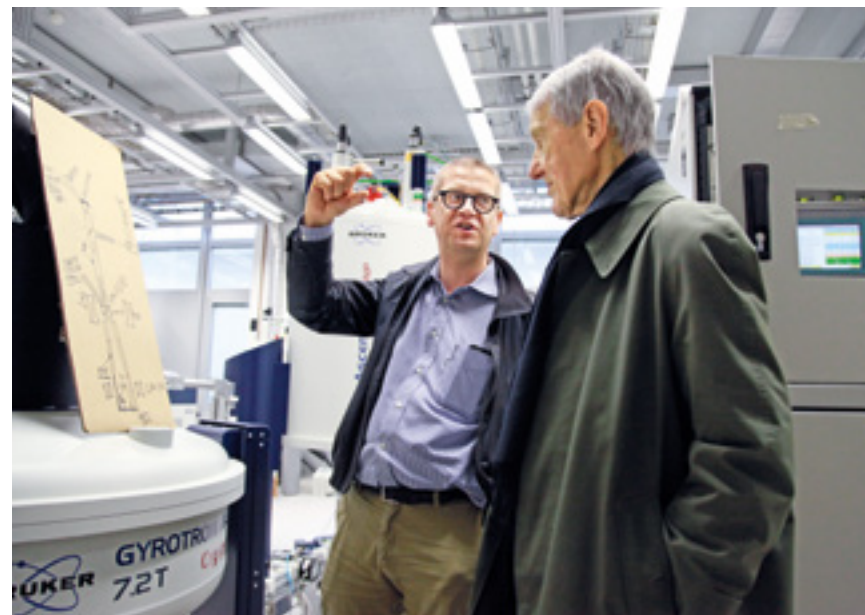
→ [www.haelixa.com](http://www.haelixa.com)

*Rössler Preis***BEGEISTERT VON OBERFLÄCHEN**

Christophe Copéret bekam am 15. Juni den Rössler Preis verliehen. Er war der Jury als kreativer und vielseitiger Forscher im Bereich der Anorganischen Chemie aufgefallen. Der Chemiker entwickelt mit einem molekularen Ansatz funktionale Materialien, darunter Festkörper-Katalysatoren und Mikroelektronik-Anwendungen. Darüber hinaus arbeitet er an neuen bildgebenden Verfahren, um einzelne Partikel sichtbar zu machen oder Stoffwechselprodukte im Körper aufzuspüren.

Copéret hat in seiner Karriere ein Dutzend Wissenschaftspreise erhalten. Aber keiner war so hoch dotiert wie der Rössler Preis – 200 000 Franken erhielt der 46-jährige Franzose. Der Preisträger absolvierte sein PhD-Studium beim späteren Chemie-

Nobelpreisträger Professor Ei-ichi Negishi an der Purdue University, West Lafayette, Indiana. Nach Abschluss seines Doktorats begann er 1996 ein Postdoktorat am Scripps Research Institute in La Jolla, Kalifornien. Dort wurde er von einem weiteren Nobelpreisträger, Professor Karl Barry Sharpless, betreut. 2010 wurde Christophe Copéret als Professor für Oberflächen- und Grenzflächenchemie an die ETH Zürich berufen. Seither erforscht er, wie chemische Reaktionen an Oberflächen von Festkörper-Katalysatoren ablaufen und wie er diese Oberflächen gestalten kann, damit Reaktionen energetisch effizienter und nachhaltiger vor sich gehen. Gemeinsam mit internationalen Forschungsgruppen hat Copéret deshalb Methoden entwickelt, welche die Auflösung der Kernspinresonanzspektroskopie (NMR) für die Untersuchung von Oberflächen massiv steigern.



Christophe Copéret (links) erklärt Preisstifter Max Rössler das Prinzip seines neuen NMR-Verfahrens.

Büffeln für die Prüfung soll in Zukunft portionsweise stattfinden.

*Studium***BASISPRÜFUNG FLEXIBEL GESTALTEN**

Die Basisprüfung nach dem ersten Studienjahr ist heute die erste umfangreiche Leistungskontrolle im Bachelorstudium. In einem Pilotversuch bieten die Departemente Informatik, Informationstechnologie und Elektrotechnik, Mathematik sowie Physik ab dem Studienjahr 2016/17 erstmals an, die Basisprüfung in zwei unabhängige Prüfungsblöcke zu unterteilen. Studierende können sich neu bereits nach dem ersten Semester prüfen lassen und erfahren früher, ob sie fürs Studium geeignet sind.

*ETH Alumni***NEUE EHRENMITGLIEDER**

An der Delegiertenversammlung vom 9. Mai 2016 wurden Bundespräsident Johann Schneider-Ammann, Mäzen Hansjörg Wyss, Informatik-Alumni-Ehrenmitglied Robert Weiss sowie Mäzen und Vorstandsmitglied Jörg Sennheiser in den Kreis der Ehrenmitglieder aufgenommen. Hanspeter Fässler wurde als Nachfolger für Jörg Sennheiser in den Vorstand gewählt. Weitere Traktanden waren der Jahresbericht, die Rechnung 2015 sowie ein Ausblick auf Schwerpunkte 2016.

*Kolumne***Brücken bauen**

Die Thematik des Brückenbauens begleitet mich schon seit vielen Jahren. Sei es als CEO und Verwaltungsratspräsident eines internationalen Unternehmens, sei es als ETH-Professor für Unternehmensführung: Ich bin überzeugt, dass es für den erfolgreichen Konnex zwischen der Wissenschaft und der Wirtschaft, dem Ingenieurwesen und dem Management Brücken braucht. Eine enge und offene Zusammenarbeit erlaubt, Synergien zu nutzen und Potenziale bestmöglich auszuschöpfen. Funktionieren tut dies nur, wenn sich beide Seiten verstehen und aktiv diese Brücken bauen.

Nach vielen Jahren in der Wirtschaft kam ich 2007 an die ETH, um ebendieses gegenseitige Verständnis zu fördern. Ich hatte in meinem Berufsleben viel Glück, durfte viel lernen und habe mich oft gefragt, wie ich der Gesellschaft etwas zurückgeben kann. Die Professur gab mir die Möglichkeit, den Studierenden wertebasierte Unternehmensführung näherzubringen und ihnen mit meiner Erfah-

ung aus der Industrie das richtige Handwerkszeug mitzugeben. Ich durfte meinen Beitrag dazu leisten, sie zu Forschern und Führungskräften auszubilden, die in Zukunft die Brücke zwischen Disziplinen, aber auch zwischen Akademia und Praxis schlagen können.

Denn schliesslich liegt der Erfolg nicht in der Brücke, sondern in den Menschen, die sie bauen und anschliessend nutzen. Forschende, die mit Feuereifer an neuen Lösungen tüfteln, mutige Jungunternehmer, die an ihre Ideen glauben und etwas wagen, und vielversprechende Studierende, die die ETH gemeinsam zu einer Hochschule auf Spitzenniveau machen.

Als neuer Stiftungsratspräsident der ETH Zürich Foundation wird mich das Brückenbauen weiter beschäftigen. Es ist fantastisch zu sehen, dass die angloamerikanische Tradition des «giving back» auch immer mehr Einzug bei uns hält und die Zahl der Förderinnen und Förderer zunimmt. Es sind Menschen, die der ETH besonders verbunden sind, weil sie beispielsweise hier studiert haben und etwas vom beruflichen Erfolg zurückgeben möchten. Einige hinterlassen der ETH sogar Vermächtnisse und engagieren sich so über das Leben hinaus. Es sind aber auch Unternehmen oder Stiftungen, die die Wichtigkeit sehen, in junge Menschen und Wissenschaft zu investieren, um globale Herausforderungen anzugehen oder den Werkplatz Schweiz zu stärken. Dank ihrem Engagement können wichtige Themen schnell und pragmatisch lanciert und Freiräume für die Forschung und Bildung geschaffen werden. Freiräume, auf die unsere Forschenden angewiesen sind, um Grosses zu leisten.

Ich freue mich, bei der ETH Zürich Foundation auf stabile und zuverlässige Brückenpfeiler zählen zu können – ein motiviertes und engagiertes Team, mit dem ich in Zukunft gemeinsam viele Brücken bauen möchte.



Pius Baschera war langjähriger CEO und ist derzeitiger Verwaltungsratspräsident der Hilti Corporation. Seit Anfang 2016 ist er zudem Stiftungsratspräsident der ETH Zürich Foundation.

# Wachsames Auge auf Nutzpflanzen

Eine Aufgabe für Geübte: Lukas Kronenberg (r.) und Kang Yu machen den Sensorkopf startklar.



Auf der Forschungsstation Lindau-Eschikon steht die grösste fest installierte Feldphänotypisierungsanlage der Welt: ein Wegbereiter für die digitale Präzisionslandwirtschaft.

TEXT Peter Rüegg BILD Daniel Winkler

Kein Laut dringt in die Kommandozentrale. Glasscheiben schirmen sie ab von der Aussenwelt. Die da ist: ein Weizenfeld, vier Ecktürme aus Gittermasten, von deren Spitzen Doppelseile, fast so dünn wie Schnüre, zur Feldmitte verlaufen. Dort hantieren zwei Männer an einem Gestell, Details sind aus der Distanz nicht zu erkennen. Dann rauscht es im drahtlosen Telefon, undeutliche Worte sind zu hören. Norbert Kirchgessner, Physiker am Institut für Agrarwissenschaften, schaut gebannt zu den beiden Männern, quittiert die Meldung: «Ich gehe jetzt ein Stück weit hoch damit.» Mit Daumen und Zeigefinger seiner linken Hand drückt er den Joystick auf einer Konsole sachte nach oben. Das Gestell ist nun halb sichtbar.

«Beim Hochfahren des Sensorkopfs braucht man ein waches Auge und volle Konzentration», sagt er. Die Belastung der Seile muss möglichst gleichmässig sein, damit sich der Sensorkopf gerade nach oben bewegt. Dann konzentriert er sich wieder auf das Geschehen auf dem Versuchsfeld. «Habt ihr Checks am Dolly gemacht? Winding termination fine?», fragt Kirchgessner. Die Stimme sagt: «Good!» – «Clamping screws?» – «Fine!» – «Bolt screws? Nuts?» – «Checked!»

## Ausgeklügelte Technik

Alles sitzt. Und dann steigt der Sensorkopf über die Köpfe der beiden Assistenten auf dem Feld, Lukas Kronenberg und Kang Yu, auf und bleibt wenige Meter über ihnen stehen. Die Digitalkamera, die auf dem Sensorkopf angebracht ist, liefert ein Bild aus der Vogelschau: Teerweg, Gras und Turnschuhe von oben. Dann beginnt der Sensorkopf gemäss einem einprogrammierten Wegverlauf über das Sojafeld zu fahren. Dieser Sensorkopf, den die Forscher Dolly nennen, ist das



Die Kommandozentrale bietet Überblick über das gesamte Versuchsfeld. Hier gehen laufend die neusten Daten ein.

Kernstück der Feldphänotypisierungsanlage (FIP), einer neuen Grossanlage zur Erforschung von Nutzpflanzen der agrarwissenschaftlichen Versuchsanstalt in Lindau-Eschikon der ETH Zürich. Mit dieser Anlage machen die ETH-Forscher um Achim Walter, Professor für Kulturpflanzenwissenschaften, einen grossen Schritt hin zur Landwirtschaft 4.0, in welcher der

«Wir können winzige Veränderungen auf einem Blatt sehen.»

Computer und mit Sensoren erhobene Daten unerlässliche Hilfsmittel für Bauern, Züchter und Agrarforscher werden. Ein Standbein dieser digitalen Landwirtschaft wird die Phänotypisierung, das gross angelegte Aufnehmen von Daten über das äussere Erscheinungsbild und die Stoffwechselfunktionen von Pflanzen mit Hilfe digitaler Techniken.

Schon bei der Anfahrt zur ETH-Versuchsstation sichtbar sind die vier 24 Meter hohen Eckpfeiler, die das 100 mal 130 Meter grosse Versuchsfeld abstecken. Jeder besteht aus drei Gittermasten. Von ihren Enden

verläuft ein Doppelseil zum Sensorkopf. Dieser ist vollgepackt mit modernster Technik: Sensoren, verschiedenen Kameras und einem Laserscanner.

Der Sensorkopf sitzt im Kreuzungspunkt der Seile aus Aramid, einem äusserst strapazierfähigen Kunststoff, der als Kevlar gehandelt wird. In den Aramidseilen verlaufen Glasfasern. Sie übertragen laufend Steuerungssignale zwischen Kommandozentrale und Sensorkopf. Durch gezielten Seilzug lässt sich der Sensorkopf präzise an jeden beliebigen Ort über dem Versuchsfeld steuern.

Auf dem Sensorkopf sitzen herkömmliche Digitalkameras, welche die für den Menschen sichtbaren Farbräume Rot, Grün und Blau (RGB) erfassen. Weiter setzen die Forscher eine brandneue Hyperspektralkamera und zwei Spektrometer ein. Diese erfassen mehr als 100 verschiedene Farbkanäle, was die Fähigkeit des menschlichen Auges weit übertrifft. Und noch mal andere Daten liefern Wärme- und Nahinfrarotkameras. Damit können die Forscher messen, wie stark der Boden von Pflanzen bedeckt ist. Eine wichtige Information, um das Wachstum von Unkraut frühzeitig zu erkennen. >

Schliesslich haben die Wissenschaftler einen modernen Laserscanner im Sensorkopf installiert. Damit können sie innert Sekunden Pflanzen millimetergenau vermessen und aus den Daten dreidimensionale Ansichten anfertigen. Diese können die Forscher auf dem Bildschirm in alle Richtungen drehen.

#### Kulturpflanzen im Vergleich

Die Phänotypisierung von Kulturpflanzen kam vor rund einem Jahrzehnt auf und hat rasch an Bedeutung gewonnen. Zu Beginn arbeiteten Pflanzenforscherinnen vor allem in Labors. Dann entwickelten Forscher zunehmend Werkzeuge, um die Phänotypisierung auf dem Feld durchzuführen, etwa Sensorensysteme für Hebebühnen, fahrende Traktoren oder

auch feststehende Gestelle. Aber eine Anlage, wie sie die ETH-Forscher nun auf dem Versuchsgelände Lindau-Eschikon konzipierten und bauten, gab es bisher nicht.

In den kommenden zehn Jahren – so lange läuft die Betriebsbewilligung für dieses Provisorium – wollen die Pflanzenforscher damit neue Erkenntnisse über Kulturpflanzen gewinnen. Sie wollen unter anderem herausfinden, worin sich einzelne Sorten voneinander unterscheiden, wie lange diese bis zur Blüte brauchen oder wie die Entwicklung von der Temperatur oder der Bodenfeuchte abhängt. Dazu untersuchen die ETH-Wissenschaftler derzeit hunderte kleiner Plots verschiedener Sorten von Weizen, Soja, Mais, Buchweizen und Futtergräsern. Mit ihrer Anlage können die Wissen-

schaftlerinnen und Wissenschaftler Kulturpflanzen fast über das ganze Jahr hinweg genau untersuchen. «Die Anlage hilft langfristig der Pflanzenzüchtung und der Präzisionslandwirtschaft», fasst Achim Walter den Nutzen dieser Grossanlage zusammen.

Die Idee für diese Anlage hatte er während einer Fussballübertragung. Spider Cams lieferten spektakuläre Bilder des Spiels und des Stadions aus der Vogelschau. Rasch skizzierte der Fussballfan, der zu dem Zeitpunkt noch in Jülich arbeitete, einen ersten Entwurf, wie er sich eine Spider-Cam-Anlage für die Phänotypisierung vorstellte. Im Jahr 2010 wurde er als Professor an die ETH Zürich berufen – und sah die Zeit gekommen, die Idee seiner Feldphänotypisierungsanlage (FIP) umzusetzen.



Inspiration Fussball: Die Phänotypisierungsanlage der ETH-Forscher lehnt sich an das Spider-Cam-Prinzip an.

#### Geduld und Know-how

Im Mai 2011 präsentierte Walter ein FIP-Modell, im April 2012 reichten er und seine Mitarbeiter das Baugesuch bei der Gemeinde Lindau-Eschikon ein. Da die Forscher die Gemeinde zuvor über ihr Vorhaben gut informiert hatten, wobei sie betonten, dass sie keine gentechnisch veränderten Pflanzen anbauen würden, ging keine Beschwerde ein. Im März 2014 wurden die Gittermasten errichtet, auf Betonsockeln, die dreieinhalb Meter tief in den Boden reichen. Gittermasten deshalb, weil massive Masten zu viel Schatten auf Teile des Versuchsfeldes geworfen hätten. Dies hätte das Pflanzenwachstum und damit den Phänotyp der beschatteten Pflanzen stark beeinflusst. Unter jedem Masten wurden Windhäuschen gebaut. Die Firma Spider Cam baute die Windentrommeln ein, lieferte die Steuerungselektronik dazu – und Dolly, den Sensorkopf. Im August 2014 konnten die Forscher die ersten Bilder von oben schiessen. Aber erst im Juni 2016 konnten sie die Anlage offiziell einweihen und beginnen, systematisch Daten zu sammeln.

«Ein langer Weg», findet Achim Walter. Ein Weg, den er ohne seinen Bildverarbeiter Norbert Kirchgessner nicht hätte gehen können. «Er war der Motor dieses Projekts.» Der Physiker ist der technische Leiter des Projekts, er hat die Anlage ausgelegt, viele der Steuerungsprogramme und Analysesoftware selbst geschrieben, Schnittstellen programmiert. Auch die Anbindung der Sensoren und Kameras geht auf Kirchgessners Konto. «Es ist nicht einfach, diese Dinge miteinander zu verknüpfen», sagt er.

Der promovierte Physiker blickt zum Sensorkopf. Dieser fährt wie geplant von einem Plot des Sojafeldes zum nächsten, bleibt kurz stehen, nimmt Bilder auf und verschiebt sich dann zur nächsten Position. Die Da-



Ist mit der geleisteten Arbeit zufrieden: Der Physiker Norbert Kirchgessner ist der Motor des einzigartigen Projekts.

tenaufnahme läuft. Der Laserscanner erfasst pro Sekunde 100 000 Punkte. «Beginnt der Scanner mit seinen Messungen, sollten keine Leute mehr auf dem Feld stehen. Sie kommen ansonsten in der Punktwolke vor und vermässeln die Messung», betont der Forscher.

**Landwirtschafts-Drohnen kommen** Hoch über dem Versuchsfeld surrt eine Drohne. Frank Liebisch, der Koordinator der ETH-Forschungsstation Lindau-Eschikon, schaut ihr nach, die Hände in die Hüfte gestemmt. Obwohl die FIP erst vor kurzem offiziell eingeweiht wurde, arbeitet Liebisch zurzeit vor allem mit Drohnen. Sie werden die nächste Stufe in der digitalen Landwirtschaft sein. Und sie haben gegenüber der statischen FIP einen wesentlichen Vorteil: Sie sind mobil und jederzeit auf jedem beliebigen Feld einsetzbar. Mit einer Drohne könnten künftig die Bauern auch selbst arbeiten. «Drohnen sind die Zukunft in der digitalisierten Landwirtschaft, ganz klar», sagt er.

Dennoch ist die FIP für die Forschung unerlässlich. Die Daten, die mit dieser Anlage gewonnen werden, dienen der Kalibrierung der Drohnen.

Und: «Die Auflösung der FIP ist so hoch, dass man damit aus fünf Metern Höhe Farbveränderungen von weniger als einem Millimeter auf Weizenblättern erkennen kann. Eine Drohne löst dies nicht auf, eines ihrer Pixel ist so breit wie ein Blatt», sagt er und zupft von einer Weizenpflanze eines ab. Der Pflanzenforscher deutet auf ein paar hellbraune Punkte, die kaum Stecknadelkopfgrösse haben: die Frassgänge von Larven des Weizenhähnchens, eines Insekts. Solche winzigen Flecken, aber auch Pilzbefall könne das Himmelsauge der FIP problemlos erspähen, einer Drohne würde das jedoch entgehen. Deshalb brauche es beides.

Auch sind die Arbeiten an der FIP noch nicht abgeschlossen. Das System ist ein Prototyp und vor allem ein Unikat; von der Erfahrung anderer Anlagen konnten die ETH-Forscher bei ihrem Aufbau nur bedingt profitieren. «Das System hat noch Kinderkrankheiten», gibt Kirchgessner unumwunden zu. Auch sei es nicht einfach, neue Sensoren in das System einzubinden. Vorderhand wird er dies auch nicht machen, auch wenn Forschende entsprechende Wünsche an ihn herantragen.

Auf die FIP aufmerksam geworden ist man jedoch auch im Ausland. Wissenschaftler in den USA und in Australien möchten ebenfalls eine solche Anlage bauen und hoffen auf Unterstützung und das Know-how der ETH-Kollegen. Kirchgessner freut sich darüber und ist mit den Kollegen in offenem Dialog, winkt aber auch ab: «Bis zu einem reibungslosen Routinebetrieb wird es noch eine Weile dauern». ○

Field Phenotyping Platform (FIP):  
→ [www.kp.ethz.ch/infrastructure/FIP.html](http://www.kp.ethz.ch/infrastructure/FIP.html)

# CONNECTED

## 1 Gotthard

### JAHRHUNDERTBAUWERK ERÖFFNET

An der Eröffnung des Gotthard-Basistunnels war auch die ETH Zürich prominent vertreten. **ETH-Präsident Lino Guzzella** sprach in der Ausstellung der ETH anlässlich der Einweihung des Jahrhundertbauwerks mit Stolz und Freude von den Beiträgen, die die Hochschule zum neuen Basistunnel geleistet hat. An dem Bauprojekt waren neben Ingenieuren auch Geologen, Geomatiker, Raumplaner und Informatiker beteiligt – viele davon sind ETH-Alumni. Die Besucherinnen und Besucher der Ausstellung erlebten anhand von Experimenten und Exponaten, wie ETH-Forschende und -Studierende an der «Mobilität der Zukunft» arbeiten. Ein Publikumsmagnet waren die elektrogetriebenen Rennwagen von Formula Student.

## 2 Biennale in Venedig

### STARKER AUFTRITT

Die ETH Zürich ist mit zahlreichen Projekten an der Architekturbiennale in Venedig vertreten. Auf Einladung von Kurator Alejandro Aravena zeigen mehrere Projektgruppen mit ETH-Beteiligung ihre Beiträge in der Hauptausstellung. Zudem bespielen sie nationale Pavillons und engagieren sich im Rahmenprogramm. ETH-Präsident Lino Guzzella und **Bundesrat Alain Berset** waren bei der offiziellen Eröffnung des Schweizer Pavillons anwesend, der von Christian Kerez, Professor für Architektur und Entwurf an der ETH Zürich, gestaltet wurde.

## 3 Geschenk von ABB

### EIN ROBOTER FÜR DIE ETH

ABB feiert dieses Jahr ihr 125-jähriges Bestehen in der Schweiz. Anlässlich dieses Firmenjubiläums und zur Würdigung der langjährigen Zusammenarbeit mit Schweizer Forsch-

Lino Guzzella würdigt die Leistungen der ETH-Ingenieure.

## 1 Gotthard



## 2 Biennale



## 3 ABB



## 4 Chemical Engineering Medal



## 5 ETH-Alumni Singapur



rinnen und Forschern übergab ABB der ETH Zürich einen YuMi. YuMi ist der erste kollaborative Zweiarm-Roboter für die Kleinteilmontage (im Bild mit Remo Lütolf, Country Managing Director ABB Schweiz, und ETH-Professor Roland Siegwart). Doktorierende und Studierende haben so die Möglichkeit, an dem Industrieroboter zu forschen und neue Konzepte zu entwickeln. Denkbar sind beispielsweise die Erforschung neuer Bedienkonzepte oder das automatisierte Erstellen von 3D-Modellen.

## 4 Chemical Engineering Medal

### HERAUSRAGENDER BEITRAG

Mit der «ETH Zurich Chemical Engineering Medal» zeichnet das Institut für Chemie- und Bioingenieurwissenschaften (ICB) jährlich eine Persönlichkeit aus, die sich durch herausragende Beiträge im Bereich der Chemieingenieurwissenschaften profiliert hat. Im Namen der ETH und des ICB übergab ETH-Rektorin Sarah M. Springman die Auszeichnung an **Suzanne Thoma, CEO der BKW Gruppe**.

## 5 ETH-Alumni Singapur

### BUNDESPRÄSIDENT ZU GAST

Hoher Besuch für das ETH Alumni Chapter in Singapur: Bundespräsident **Johann Schneider-Ammann** (links im Bild) liess es sich nicht nehmen, anlässlich seines Staatsbesuchs in Singapur auch die Singapur ETH-Alumni zu besuchen. Seit 2012 ist er Ehrenmitglied des Chapters, das seinen Gast gemeinsam mit dem Lehrkörper des Singapore-ETH Centre und der Schweizer Community in Singapur mit einem Dinner im Schweizer Club willkommen hiess.

## Agenda

## EVENTS

28. September 2016 / 18.30 Uhr

**Big Data**

ETH-Professor Dirk Helbing spricht am ETH Focus Event der ETH Alumni über die gesellschaftlichen, wirtschaftlichen, ethischen und rechtlichen Herausforderungen der digitalen Revolution. Anschliessend Podiumsdiskussion mit Victor Schlegel, Senior Manager Big Data Solutions bei der Swisscom AG.

📍 ETH Hauptgebäude, Dozentenfoyer  
→ [www.ethz.ch/alumni-bigdata](http://www.ethz.ch/alumni-bigdata)

10. November 2016 / 18.00 Uhr

**Lange Nacht der Karriere**

Die Lange Nacht der Karriere richtet sich an Studierende, Doktorierende und Alumni. Sie bietet Gelegenheit, Ehemalige der ETH, Unternehmensvertreter und Gleichgesinnte kennenzulernen.

📍 ETH Hauptgebäude  
→ [www.ethz.ch/alumni-langenacht](http://www.ethz.ch/alumni-langenacht)

## KONZERTE

11./21. November 2016 / 19.30 Uhr  
**Herbstkonzert 2016**

Das Alumni Sinfonieorchester spielt unter der Leitung von Johannes Schläefli die 3. Sinfonie, d-Moll, von Gustav Mahler.

📍 Kirche St. Johann, Schaffhausen (11.11.)  
Tonhalle Zürich (21.11.)  
→ [www.alumniorchester.ch](http://www.alumniorchester.ch)



Welt 4.0: Was ist Vision, was Wirklichkeit?

*Treffpunkt Science City***IN DER WELT 4.0**

Leben wir bald in einer Welt mit selbstfahrenden Autos und sprechenden Robotern, die Blumen giessen, einkaufen und kochen? Erkennt das Smartphone künftig Krankheiten und ersetzt den Arzt? Wem gehören die vielen Daten, die wir erzeugen? Wie schütze ich mich vor Hackern beim Onlinebanking? Antworten auf diese Fragen suchen wir im Rahmen des Herbstprogramms «Leben in der Welt 4.0». Drohnen und Laufroboter zeigen ihr Können. Ju-

gendliche sind eingeladen, die Game Lab Lounge zu besuchen, und auch im Kinderprogramm warten viele Entdeckungen.

Die grossen Erlebnissonntage des kostenlosen Bildungsangebots der ETH Zürich für alle finden am **30. Oktober, 6. November, 20. November und 27. November 2016** statt. Daneben bieten weitere Einzelanlässe Gelegenheit, die Welt der Wissenschaft kennenzulernen.

*Programm:*  
→ [www.ethz.ch/treffpunkt](http://www.ethz.ch/treffpunkt)

*ETH Alumni Ball 2016***SWING WITH ME –  
SWAY WITH ME**

**01. Oktober 2016 ab 18.00 Uhr:** Ein festlicher Ball für tanzfreudige ETH-Alumni. Und zwar nicht irgendwo, sondern im The Dolder Grand in Zürich. Neben einem exquisiten Menü erwarten die

Gäste Tanzmusik, gespielt von This Masquerade, Nervenkitzel bei Roulette und Black Jack und als Show-Höhepunkt ein Auftritt des Schweizer Pop- und Soulkünstlers Marc Sway. Seine leichtfüssige Mischung aus brasilianischen Rhythmen, Soul, R&B und Pop garantiert grosses Entertainment.

*Informationen und Anmeldung:*  
→ <http://ethz-alumniball.ch>

## FÜHRUNGEN

27. September 2016 / 18.15 Uhr  
**Rettungsaktion altes Buch**

Warum und wie auch alte Bücher zum Doktor müssen, erläutert Gastreferent Martin Strebel.

📍 ETH Bibliothek, ETH Zürich, Zentrum  
→ [www.ethz.ch/abendfuehrungen](http://www.ethz.ch/abendfuehrungen)

11. Oktober 2016 / 18.15 Uhr  
**Das Hauptgebäude der ETH Zürich**

Entdecken Sie die architektonischen Schönheiten und historischen Marksteine des ETH-Hauptgebäudes, das vom berühmten Architekten Gottfried Semper errichtet wurde.

📍 ETH Zürich, Zentrum  
→ [www.ethz.ch/abendfuehrungen](http://www.ethz.ch/abendfuehrungen)

15. November 2016 / 18.15 Uhr  
**Auf den Spuren von Einstein**

Das Hochschulquartier und die Orte von Albert Einsteins Wirken in Zürich auf einem Rundgang erleben.

📍 ETH Zürich, Zentrum  
→ [www.ethz.ch/abendfuehrungen](http://www.ethz.ch/abendfuehrungen)

## AUSSTELLUNGEN



Bis 31. Januar 2017

**Tambora und das Jahr ohne Sommer**

Der Ausbruch des indonesischen Vulkans Tambora führte 1816 in Europa und Nordamerika zu einem «Jahr ohne Sommer» und in der Schweiz zu einer schweren Hungerkrise. Die Ausstellung präsentiert Informationen und Exponate zum Tambora-Ausbruch von 1815, zu dessen klimatischen Auswirkungen und zur aktuellen Vulkan- und Klimaforschung an der ETH Zürich.

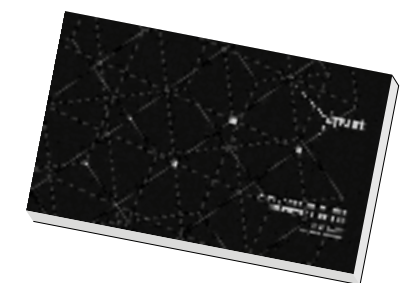
📍 ETH-Gebäude NO, Sonneggstrasse 5  
→ [www.focusterra.ethz.ch](http://www.focusterra.ethz.ch)

Bis 16. Oktober 2016  
**Architektur als Bild**

Die Graphische Sammlung zeigt die inszenierten Baupläne des grossen preussischen Malers und Baumeisters Karl Friedrich Schinkel (1781–1841), der mit verschiedenen Bauten das Stadtbild von Berlin Mitte prägte. Schinkel wurde zum Namensgeber einer ganzen Generation von Schülern.

Als Kontrast zur klassizistischen Architektur des 19. Jahrhunderts werden gleichzeitig die Werke des britischstämmigen Architekten Bryan Cyril Thurston (\*1933) gezeigt, der seit 1955 in der Schweiz tätig ist.

📍 Graphische Sammlung, ETH Hauptgebäude  
→ [www.gs.ethz.ch](http://www.gs.ethz.ch)

*Buchtipps***A JOURNEY INTO TIME  
IN POWERS OF TEN**

Manche Dinge im Universum formen sich in unendlich langen Zeiträumen. Andere Prozesse laufen unglaublich schnell ab. Das Buch, das Forschende aus dem nationalen Forschungsschwerpunkt MUST (Molecular Ultrafast Science and Technology) zusammengestellt haben, präsentiert unterschiedliche Zeitskalen, die im Dasein aller Lebewesen eine Rolle spielen, geordnet nach Zehnerpotenzen. Wer das Buch in der Mitte aufschlägt, findet vertraute Zeitskalen, etwa einen Hundertmeterlauf in zehn Sekunden. Je weiter man sich nach vorne oder nach hinten durchblättert, umso ferner liegen die Zeitskalen unserer Alltagserfahrung. Es beginnt bei der Bewegung von Elektronen in Molekülen, die in Trillionstelsekunden, genauer 100 Attosekunden ( $10^{-16}$  sec) abläuft, und endet bei der Milchstrasse, deren Entstehungsprozess 30 Milliarden Jahre ( $10^{18}$  sec) in Anspruch nahm. Jeder dieser Prozesse ist auf einer Doppelseite erklärt und mit je zehn Abbildungen dargestellt. Das Buch ist in Englisch erschienen.

ISBN 978-3-033-05191-1  
NCCR MUST, Anna Garry, Thomas Feurer  
Preis: CHF 38

# Mit Selbstvertrauen zur Gotthard-Grossprojektleiterin

Valentina Kumpusch wollte ursprünglich Archäologin werden. Doch der Drang, mit ihrer Arbeit etwas Konkretes zu schaffen, war stärker. Sie wurde Bauingenieurin und managt aktuell das Grossprojekt für den Bau des zweiten Gotthard-Strassentunnels.

TEXT Samuel Schläefli BILD Annick Ramp

Valentina Kumpusch ist klein und zierlich; sie trägt mit Blumenmuster geschmückte Jeans, violette Ballerinas und Perlohringe. Die Mutter eines achtjährigen Sohnes lacht gerne und wirkt im Umgang kollegial. Dass die 42-jährige ETH Alumna aktuell ein Zwei-milliardenprojekt leitet und sich in einem von Männern dominierten Arbeitsumfeld behaupten muss, ist ihr schwerlich anzumerken. Kumpusch ging schon immer ihren eigenen Weg. Als ihr Sohn auf die Welt kam, reduzierte sie ihr Pensum als Ingenieurin bei einem grossen österreichischen Bauunternehmen während drei Jahren auf 50 Prozent. Beim Bewerbungsgespräch für eine neue Stelle mit Vollzeitpensum wurde sie mit vorwurfsvollem Unterton gefragt, weshalb sie in den letzten Jahren keine Weiterbildungen absolviert habe. «Ich habe einen Sohn geboren und aufgezogen – das war meine Weiterbildung», antwortete sie damals schlagfertig. Heute bestreitet die «Grossprojektleiterin» für den Bau der zweiten Röhre des Gotthard-Strassentunnels ihre Herkulesaufgabe in einem 90-Prozent-Pensum. Der Mittwochnachmittag gehört ihrem Sohn, der dann schulfrei hat.

«Ich mache meinen Job auch deshalb gut, weil ich eine Frau bin», sagt Kumpusch ohne falsche Bescheidenheit. «Wenn zwei Männer auf gleicher Hierarchiestufe zusammenarbeiten, führt das leicht zu Machtkämpfen.» Sie werde hingegen meist nicht als direkte Konkurrenz wahrgenommen. Auch deshalb gelinge es ihr, Projekte lösungsorientiert und mit grösstmöglicher Effizienz zum Erfolg zu bringen, ist Kumpusch überzeugt.

Der 28. Februar 2016 war für Kumpusch ein Schicksalstag. Mit einer Mehrheit von 57 Prozent bejahte das Schweizer Volk den Bau einer zweiten Röhre zur Weiterführung der Gotthard-Strassenverbindung während der Sanierungsarbeiten des bestehenden Tunnels.

## Erleichterung nach Abstimmung

Kumpusch war damals mit ihrer Familie und den Eltern zum Skifahren in Klosters. Bei der Rückfahrt nach Bellinzona, wo sie mit ihrem Mann – ebenfalls ein Bauingenieur – lebt, erfuhr sie das endgültige Abstimmungsergebnis. «Das war eine riesige Erleichterung! Ich schwebte danach fünf Zentimeter über dem Boden», erinnert sie sich. Eine Woche nach der Abstimmung schickten Kumpusch und ihre Arbeitsgemeinschaft zwei Schachteln, gefüllt mit Plänen, technischen Unterlagen und Umweltverträglichkeitsprüfungen, zur Vernehmlassung an die betroffenen Kantone Uri und Tessin. Drei Jahre ihres Arbeitslebens hatte sie in dieses Projekt gesteckt. «Wäre das Ergebnis an diesem Sonntag negativ ausgefallen, wären die Pläne einfach in der Schublade gelandet.»

Das Stemmen von Grossprojekten ist für die Bauingenieurin nichts Neues. Sie hatte zuvor bereits als Projektleiterin für die Implema die Ausrüstung des Lötschbergtunnels mit Bahntechnik verantwortet. Neu war beim Gotthard-Strassentunnel die stark politische Komponente. Im Vorlauf der Abstimmung wurde in den Medien und auf Podien viel über die zweite Röhre gestritten. Umweltverbände, die Grünen, Grünliberale, SP und Teile der Bürgerlichen bekämpften >

«Ich mache meinen Job auch deshalb gut, weil ich eine Frau bin.»

## ZUR PERSON

### Valentina Kumpusch

Valentina Kumpusch arbeitete nach dem Studium der Bauingenieurwissenschaften an der ETH für Ernst Basler + Partner im Projektmanagement. 2001 übernahm sie für die Implema die Gesamtprojektleitung der Arbeitsgemeinschaft Bahntechnik für den Lötschbergtunnel. Beim Brenner Basistunnel und für die Durchmesserlinie in Zürich war sie in ähnlichen Funktionen tätig – beide Male im Auftrag der österreichischen Rhomberg Bahntechnik Gruppe. Seit 2013 ist Kumpusch Grossprojektleiterin für die zweite Röhre Gotthard-Strassentunnel und Projektleiterin für die Sanierung der Gotthard-Passstrasse beim Bundesamt für Strassen (Astra). Die Mutter eines achtjährigen Sohnes lebt mit ihrer Familie in Bellinzona.





«Mich interessieren die grösseren Zusammenhänge.»

die Pro-Kampagne des UVEK und von Bundesrätin Leuthard aus Angst vor einem weiteren Kapazitätsausbau für den Strassenverkehr. Zwar standen die Mitarbeiter vom Astra lediglich für technische Auskünfte zur Verfügung. «Doch plötzlich wurden selbst technische Informationen zum Politikum.» Tessiner Politiker beschuldigten Kumpusch und ihre Mitarbeitenden, als Soldaten der Departementsleiterin zu fungieren. Das war eine neue Erfahrung und traf sie. Schlaflose Nächte hatte sie deswegen nicht. «Die hatte ich damals beim Lötschberg, als der Bauherr das 800-Millionen-Werk nicht abnehmen wollte, während die Subunternehmer drohten, mit Forderungen über 80 Millionen Franken gegen uns zu klagen.» In solchen Fällen geht sie joggen oder schwingt sich zuhause vor dem Fernseher auf den Hometrainer. Müdigkeit sei ihr bestes Mittel gegen schlaflose Nächte, so Kumpusch.

**Ein Projekt für die nächsten zehn Jahre**

Wenn alles rund läuft, wird 2020 mit dem Bau der zweiten Gotthardröhre begonnen. Kumpusch nennt diesen Termin jedoch mit Vorsicht. Sie rechnet damit, dass verschiedene Organisationen Einsprachen einreichen werden. «Mein wichtigster Fixpunkt ist aber nicht der Baubeginn, sondern der Projektabschluss», sagt die ambitionierte Ingenieurin. Das wird frühestens 2027 sein. Aktuell ist Kumpusch neben der Projektkoordination in der Astra-Zweigstelle in Bellinzona viel bei den vom Ausbau betroffenen Gemeinden in Uri und im Tessin anzutreffen. Nach unserem Gespräch in Flüelen wird sie weiter nach Altdorf fahren, wo sie mit den dortigen Elektrizitätswerken den Strombedarf während des Baus und des anschliessenden Betriebs des Tunnels klären wird. Gemeinsam mit den Gemeinden sucht sie nach Lagerstätten für den Tunnelaushub und Installationsplätzen für die Tunnelbohrmaschinen sowie nach Lösungen, um die Bauarbeiten so zu gestalten, dass die Anwohner nicht unnötig mit Lärm, Verkehr und Staub belastet werden. Das wird nicht einfach, weil der Talgrund der beiden Tunnelportale relativ eng ist.

Als Grossprojektleiterin ist Kumpusch heute vor allem mit Managementaufgaben betraut. Sehnt sie sich da nicht gelegentlich nach einer kniffligen baustatischen Aufgabe oder danach, ein Viadukt von Grund auf zu konstruieren? «Nein, die grösseren Zusammenhänge und das Zusammenbringen unterschiedlicher Expertisen interessierten mich schon immer mehr als die Detailarbeit. Zudem wusste ich bereits im Studium, dass die Baustelle nicht mein Arbeitsort sein wird.» Dass sie heute die Fäden bei den wichtigsten Tunnelbauprojekten der Schweiz zieht, ist kein Zufall. Der Tunnelbau habe ihr immer als Königsdisziplin der Bauingenieurwissenschaften gegolten, erinnert sich Kumpusch.

**Vom Latein zum Ingenieurwesen**

Kumpuschs ursprünglicher Entscheid, Bauingenieurin zu werden, kam nicht völlig überraschend: Sie trat damit in die Fussstapfen ihres Vaters, der als Bauingenieur seine Tochter gelegentlich mit auf die Baustelle nahm. Die Mutter hätte sich dagegen gewünscht, dass ihre Tochter Archäologie studiert; ein Berufswunsch, den Kumpusch bis Ende Gymnasium (Typ A, Latein und Griechisch) mit sich trug. «Aber irgendwann wusste ich: Ich will einen richtigen Beruf lernen in einem Gebiet, in dem ich später auch eine Stelle finde und etwas bewegen kann.» Dass nur jeder zehnte Studierende in den Bauingenieurwissenschaften an der ETH eine Frau war, hat ihr nie etwas ausgemacht.

Ihre Studienzeit behält Kumpusch in bester Erinnerung: «Die ETH bietet, was die Infrastruktur und Professoren angeht, ein grossartiges Lernumfeld.» Zudem schätzte sie die breite Palette an Fächern, von technischen Disziplinen übers Vertragswesen bis hin zur Ökonomie. «Das ist für den Berufseinstieg essenziell», ist sie überzeugt. «Spezialisieren kann man sich später im Job.» Die straffe Organisation des Studiums passte zu ihrer eigenen Arbeitsweise. Für die Vordiplomprüfungen legte sie sich detaillierte Listen an, wann was gebüffelt werden musste, damit das Lernen nicht mit dem Feiern in der Tessinergruppe in Konflikt kam, in der sie sich während des Studiums mehrheitlich bewegte. «Deutsch lernte ich erst während meines ersten Jobs so richtig. In dieser Hinsicht hätte ich damals sicher noch mehr vom Studium profitieren können.»

Nach einem Rat gefragt, den sie der ETH für die Zukunft mitgeben würde, meint die Grossprojektleiterin: «Das Bauingenieurstudium war zu meiner Zeit sehr herausfordernd und komplex. Genauso sollte es auch bleiben!» ○

**ZUM PROJEKT**

Der Gotthard-Strassentunnel muss umfassend saniert und erneuert werden, um die Funktionstüchtigkeit und Sicherheit in den kommenden Jahrzehnten zu gewährleisten. In der Abstimmung vom 28. Februar 2016 entschied sich das Schweizer Stimmvolk für den Bau einer zweiten Tunnelröhre und die anschliessende Sanierung des bestehenden Tunnels. Nun durchläuft das Projekt noch mehrere Vernehmlassungsstufen. Die Bauarbeiten werden frühestens 2020 beginnen und könnten theoretisch 2027 abgeschlossen werden.

**Lust auf mehr... Weiterbildung an der ETH Zürich**

**Master of Advanced Studies (MAS, MBA)**

- Architecture and Digital Fabrication
- Architecture and Information
- Architecture, Real Estate, Construction ARC
- Collective Housing
- Entwicklung und Zusammenarbeit NADEL (MAS und CAS)
- Gesamtprojektleitung Bau
- Geschichte und Theorie der Architektur
- Housing
- Landscape Architecture
- Management, Technology, and Economics
- MBA Supply Chain Management
- Medizinphysik
- Mobilität der Zukunft
- Nutrition and Health

- Raumplanung (MAS, DAS, CAS)
- Sustainable Water Resources
- Urban Design

**Diploma of Advanced Studies (DAS)**

- Angewandte Statistik
- Informationstechnologie und Elektrotechnik
- Militärwissenschaften
- Pharmazie
- Spitalpharmazie
- Verkehrsingenieurwesen

**Certificate of Advanced Studies (CAS)**

- Angewandte Erdwissenschaften
- Angewandte Statistik
- Architecture, Real Estate, Construction (ARC) in Digitalisierung
- Informatik

- International Policy and Advocacy
- Klinische Pharmazie
- Nutrition for Disease Prevention and Health
- Mobilität der Zukunft: Systemaspekte
- Mobilität der Zukunft: Technologie-Potenziale
- Mobilität der Zukunft: Neue Geschäftsmodelle
- Public Governance and Administration
- Pharmaceuticals - From Research to Market
- Radiopharmazie, Radiopharmazeutische Chemie
- Räumliche Informationssysteme
- Unternehmensführung für Architekten und Ingenieure



Zentrum für Weiterbildung, [www.ethz.ch/weiterbildung](http://www.ethz.ch/weiterbildung)

**Bewährte Werte**

Zuverlässig und sicher. Solide mit gutem Ruf. So wie die CONCORDIA für Familien. Und für alle, denen Klasse wichtiger ist als Masse.

Ihre Gesundheit, bei der CONCORDIA in besten Händen.

[www.concordia.ch](http://www.concordia.ch)

**CONCORDIA**  
Dir vertraue ich



# 5 FRAGEN

Elgar Fleisch findet es kritisch, wissenschaftliche Leistung nur anhand der Anzahl Publikationen zu messen. *«Das Ziel bestimmt die Entwicklung, im Sport wie in der Forschung.»*

**1** *Wie war Ihre erste Begegnung mit der ETH Zürich?*

Als Studenten in Wien haben wir das Arbeiten mit prozeduralen Programmiersprachen am Beispiel von Pascal und Modula 2 gelernt. Der Name Niklaus Wirth (seinerzeit Professor an der ETH und Entwickler der beiden Sprachen) und die ETH Zürich waren von da an bei mir mit Hochachtung verbunden. Das hat sich bis heute nicht geändert.



Elgar Fleisch ist Professor für Informationsmanagement am Departement für Management, Technologie und Ökonomie der ETH Zürich und Direktor am Institut für Technologiemanagement an der Universität St. Gallen.  
→ [www.im.ethz.ch](http://www.im.ethz.ch)

**2** *Welche Lehrer haben Sie massgeblich geprägt?*

In der Grundschule hat mich mein Klassenlehrer begeistert, weil er mit seiner Gitarre eine neue Stimmung in den Raum zaubern konnte. An der Universität habe ich zwei Professoren in besonderer Erinnerung: Der eine konnte Algorithmen und Datenstrukturen mit einer unglaublichen Leichtigkeit bis ins Detail einfach und verständlich erklären. Der andere hat uns die zentralen Begriffe und Zusammenhänge der Volkswirtschaftslehre mit der nötigen Distanz und treffendem Mutterwitz beigebracht.

**3** *Schadet das heutige Publikationswesen der Wissenschaft?*

Wenn Sie den Erfolg eines Skirennfahrers nicht an seiner Zeit, sondern an der Anzahl seiner Luftsprünge

messen würden, dann sähe der Skizirkus heute völlig anders aus. Denn die Ziele bestimmen die Entwicklung ihrer Disziplin. Das gilt auch für Ziele, die langfristig falsch sind. Eine wissenschaftliche Leistung ausschliesslich anhand der Anzahl von Aufsätzen in gewissen Journalen zu messen, ist verführerisch einfach – und daher besonders gefährlich. Denn dieser Ansatz richtet das Forschungssystem falsch aus.

**4** *Was verstehen Sie unter «Critical Thinking»? Und wie leben Sie das in Ihrem Alltag?*

Etablierte Grundlagen hinterfragen, Alternativen zu breit akzeptierten Denkmustern entwickeln, keiner Statistik trauen, Roh- bzw. Originaldaten für die eigenen Untersuchungen heranziehen, Annahmen explizieren, Allgemeingültigkeiten in Frage stellen, antidisziplinäres Arbeiten. Im Alltag bedeutet das beispielsweise, nicht einfach die Ergebnisse und Meinungen anderer zu übernehmen, sondern deren Begründungen vorurteilslos zu studieren und datenbasiert zu hinterfragen.

**5** *Woran sind Sie schon gescheitert?*

Ich bin in meinem Leben sicher öfter gescheitert, zum Teil auch grandios, als ich Erfolg hatte – privat, kulturell, wissenschaftlich und geschäftlich. Das gehört wohl zum Leben. Ohne Scheitern kein Lernen. Freilich sieht man heute nur diejenigen Bäumchen, die gewachsen sind, und nicht die erfolglose Mehrzahl, die nicht mehr steht. Es gewinnt am Ende nicht der, der nie hinfällt, sondern der, der schneller wieder aufsteht.  
– Aufgezeichnet von Felix Würsten



Everybody's talking about secure and reliable IT networks.  
**When will you join the conversation?**

Contact us if you want to learn more about our Mission Control Security Services or if you want to join our team and make a difference in your professional life. [www.open.ch](http://www.open.ch)

Mission Control Security Services by Open Systems AG  
Network Security | Application Delivery | Identity Management | Global Connectivity | Integrated Service Management

open  
systems

# Problem?

Kein Problem: Zühlke löst gerne komplexe Businessprobleme – in den Bereichen Produkt- und Software-Engineering, Beratung und Start-up-Finanzierung. Deshalb suchen wir Talente, die lieber den Weg der besten Lösung als den des geringsten Widerstands gehen. Kein Problem für dich? Wir freuen uns auf deine Bewerbung.