ETH Zürich

# Globe

stay connected

Das Magazin der ETH Zürich und der ETH Alumni Nr. 2, Juni 2013

**Fokus** Nano

## Die Teilchenbändiger Seite 16

**Alpenpflanzen im Klima der Zukunft** Seite 12

**Weltklasse-Treffpunkt für theoretische Studien** Seite 39

**75 Jahre Konjunkturforschung** Seite 46

open systems

Open Systems gehört mit seinen Mission Control Security Services im Bereich IT-Sicherheit zu den europaweit anerkannten Anbietern. Wir arbeiten von Zürich und Sydney aus in einem dynamischen Umfeld in über 175 Ländern. Bei uns kannst Du Dein Wissen in einem jungen Team in die Praxis umsetzen und rasch Verantwortung übernehmen. Infos über Einstiegs- und Karrieremöglichkeiten sowie Videos findest Du auf unserer Website.
**www.open.ch**

## Liebe Leserin, lieber Leser

Die theoretische Grundlagenforschung hat an der ETH Zürich eine lange Tradition. Albert Einstein, Wolfgang Pauli und Hermann Weyl sind nur die bekanntesten Namen unter den Forschenden, die an unserer Hochschule gewirkt und mit ihren Beiträgen unsere Welt und das Bild, das wir von ihr haben, nachhaltig geprägt haben. So bedeutend diese Forschung ist, so schwierig sind Resultate vorauszusagen. Oft zeigt sich der «Nutzen» der Forschung erst Jahre oder gar Jahrzehnte später.

Es ist erfreulich, dass die ETH Zürich kürzlich zwei Donationen über je 25 Millionen Franken entgegen nehmen durfte, die genau diese Forschung stärken. Dank der grosszügigen Schenkungen von ETH-Alumnus Max Rössler und der Walter-Haefner-Stiftung, vertreten durch den ETH-Alumnus Martin Haefner, können wir das neue ETH-Institut für Theoretische Studien (ETH-ITS) aufbauen. Wir werden jährlich vier bis sechs Topwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler einladen, an der ETH Zürich bis zu einem Jahr lang zu wirken. Im Austausch mit unseren Forschenden entsteht so am ETH-ITS eine Art permanentes Weltklassemeeting für Forschende im Bereich der Theoriebildung. Den beiden Donatoren danke ich herzlich für ihr weitblickendes Engagement.

Der Transfer von wissenschaftlichen Ergebnissen in die Wirtschaft gestaltet sich auch in anderen Forschungsbereichen zum Teil zeitaufwendig und harziger als ursprünglich gedacht. Exemplarisch dafür ist die Lücke zwischen Hochschulforschung und industrieller Anwendung im Nanobereich. Während an den Universitäten die Forschung in der Grössenordnung von Milliardstelmetern Alltag ist, haben sich die grossen Erwartungen bei der industriellen Anwendung noch nicht erfüllt. Hier setzt die neue strategische Initiative «Manufacturing across Scales – from Nano to Macro» der ETH Zürich an. Gemeinsam mit Unternehmen wollen wir dafür sorgen, dass das Grundlagenwissen schneller in die Produktion fliesst und in strategischen Partnerschaften mit der Industrie das Potenzial der Nanotechnologie besser nutzen.

Die Nanoforschung geniesst an der ETH Zürich einen grossen Stellenwert. Mit dem FIRST Lab und dem gemeinsam mit IBM betriebenen Binnig and Rohrer Nanotechnology Center verfügen wir über eine hervorragende Infrastruktur. Rund 80 Professuren aus unterschiedlichen Departementen forschen in diesem Bereich. Wie breit die Expertise der ETH Zürich ist und woran einzelne Forschende konkret arbeiten, erfahren Sie im Fokusteil dieser Ausgabe. Gute Lektüre!

**Ralph Eichler**
Präsident der ETH Zürich

# Inhalt

Jetzt auch als kostenlose Tablet-Version in Deutsch und Englisch


6
**Blitzlicht**
Beton frei geformt

9
**Ticker**
News aus der ETH Zürich

12
**Reportage**
Alpenpflanzen im Klima der Zukunft

Gartenarbeit für die Forschung: Umweltforscher holen Alpenpflanzen von den Bergen in tiefere Lagen und transferieren sie mit einem Schlag in ihr zukünftiges Klima.

**Fokus** Nano

16 Die Teilchenbändiger

18
**«Nanoforschung ist heute Alltag»**
Chemiker Wendelin Stark, Physiker Klaus Ensslin und Elektroingenieur Christofer Hierold sprechen über Nanoforschung und was sie heute leistet.

24
**Materialdesign im Kleinen**
ETH-Wissenschaftler entlocken Materialien ganz neue Eigenschaften.

26
**Die Grundlagen besser verstehen**
Im Forschungszentrum von ETH und IBM werden die Grundlagen für kleinste elektronische Bauteile und effizientere Fotovoltaikzellen erarbeitet.

29
**Das Geheimnis der Magnete**
Strukturierte magnetische Nanomaterialien sind heisse Kandidaten für den Bau kompakter, leistungsfähiger Speichermedien.

30
**Künstliche Zellen bauen**
Im Projekt Nanocell konstruieren Wissenschaftler künstliche Zellen, die bestimmte Aufgaben ausführen – zum Beispiel Staubsaugen.

32
**Die Nanodetektive**
Mit ausgeklügelten Analysemethoden kommen Wissenschaftler selbst feinsten Partikelkonzentrationen auf die Spur.

34
**Zoom**
Bambus – stahlharter Eisenersatz für die Tropen
Wie Bambus-Komposite eine ideale Alternative zu importiertem Stahl in den Städten des Südens werden könnten.

36
**Inside**
Die ETH als Schweizer Wissenschaftsbotschafterin in Asien
50-Millionen-Spende für Weltklasse-Treffpunkt

40
**Connected**

Luftschiff Skye eröffnet Science Festival in Boston
Erleben, was Engagement bewirkt
Universitäten als treibende Kraft in Afrika
Weltpremiere im Future Cities Laboratory

42
**Profil**
Vermesser der Nachhaltigkeit

Mit dem ökologischen Fussabdruck hat Mathis Wackernagel ein griffiges Mass für die Nachhaltigkeit entwickelt.

46
**Anno**
Der Schweizer Wirtschaft den Puls fühlen
Seit 75 Jahren analysiert und prognostiziert die Konjunkturforschungsstelle der ETH Zürich das Auf und Ab der Schweizer Wirtschaft.

48
**Alumni life**
«Wir brauchen einen Kulturwandel»: der neue Präsident von ETH Alumni, Walter Gränicher, im Gespräch
Agenda



## Impressum

«Globe» ist das Magazin der ETH Zürich und das offizielle Organ der ETH Alumni Vereinigung.

**Herausgeber:**
ETH Alumni Vereinigung/ETH Zürich

**Redaktion:**
ETH Zürich, Hochschulkommunikation: Roland Baumann (Leitung), Christine Heidemann, Martina Märki, Felix Würsten

**Mitarbeit:**
Andrea Lingk (Bildredaktion), Roman Klingler, Peter Rüegg, Samuel Schlaefli

**Inserate:**
Verwaltung:
ETH Alumni Communications, globe@alumni.ethz.ch, +41 44 632 51 24
Management:
print-ad kretz gmbh, 8708 Männedorf, info@kretzgmbh.ch, +41 44 924 20 70

**Gestaltung:**
TBS & Partner AG, Zürich

**Korrektorat und Druck:**
Neidhart + Schön AG, Zürich

**Auflage:**
24000, erscheint viermal jährlich

**Abonnement:**
«Globe» ist im Abonnement für CHF 40.– im Jahr (vier Ausgaben) erhältlich; die Vollmitgliedschaft bei der ETH Alumni Vereinigung beinhaltet ein Globe-Jahresabonnement.

Bestellungen und Adressänderungen an globe@hk.ethz.ch bzw. für ETH-Alumni direkt unter www.alumni.ethz.ch/myalumni.

**Weitere Infos und Kontakt:**
www.ethz.ch/globe, globe@hk.ethz.ch, +41 44 632 42 52
ISSN 2235-7289

«Globe» gibt es auch als kostenlose Tablet-Version (iPad und Android) in Deutsch und Englisch.

klimaneutral gedruckt
Energieeffizient gedruckt und CO2 kompensiert
ClimatePartner° klima.de/globe

FSC MIX Papier aus verantwortungsvollen Quellen FSC® C016008

**Bildernachweis:**
**Titelseite:** Roland Tännler; **Editorial:** Giulia Marthaler; **Inhaltsverzeichnis S.4:** l.u. Peter Rüegg/ETH Zürich, r.o. Roland Tännler; **S.5:** l.u. Susan Young Photography, r.o. Tom Kawara; **Blitzlicht:** Christian Breitler; **Ticker S.9:** l.o. Peter Rüegg, r.u. Schweizerische Nationalbank; **S.10:** l.u. Roland zh/wikimedia, r.o. Christian Wolfrum/ETH Zürich; **Reportage S.12:** Peter Rüegg; **S.14:** o. Peter Rüegg, r.u. Jake Alexander/ETH Zürich; **S.15:** Peter Rüegg; **Fokus S.16/17:** Roland Tännler; **S.19:** Tom Kawara; **S.25/26/28/31/33:** Roland Tännler; **Zoom S.34:** Guosen Machinery; **S.35:** Alireza Javadian; **Inside S.36:** Somayanda Impa Muthappa; **S.39:** Peter Rüegg; **Connected S.40:** o. Susan Young Photography, l.u. Angela Harp/ETH Zürich; **S.41:** r.o. Oliver Bartenschlager, l.u. Stefan Müller Arisona/ETH Zürich; **Profil S.43:** Tom Kawara; **Anno S.47:** l.o. KOF/ETH Zürich, r.o. KOF/ETH Zürich und iStockphoto.com/assalve; **Alumni life S.48:** Monika Estermann; **S.50:** USGS EROS Data Center

## Beton frei geformt

Unmittelbar führen die in sich verdrehten Säulen in der ETH-Bauhalle zu der Frage: Was für eine Technik ist das, mit der solche Bauelemente produziert werden können? Denn bisher ist zur Herstellung von frei geformten Betonelementen eine aufwändige und äusserst kostspielige Schalung notwendig, in die der Beton gegossen wird. Ein Team aus Architekten und Baumaterialspezialisten hat daher ein Verfahren entwickelt, mit dem sich geometrisch komplexe Betonelemente effizient und ganz ohne zusätzliche Schalung herstellen lassen. Die ETH-Forschenden setzen dabei konsequent auf digitale Entwurfsprozesse, robotergestützte Fabrikation und neue Erkenntnisse der Materialforschung.

Für die Produktion der Säulen wurde Beton in ein 60 Zentimeter langes Metallrohr gefüllt, das am Arm eines Industrieroboters befestigt ist. Sobald die Betonfüllung stabil genug ist, bewegt der Roboter das Rohr sukzessive nach oben und zieht den Beton in die gewünschte Form. Dabei passt er die Geschwindigkeit der Aushärtung des Betons an. Da das Zeitfenster, in dem Beton so bearbeitet werden kann, sehr klein ist, fügen die Wissenschaftler dem Beton Zusatzmittel bei, um das Fliessverhalten und den zeitlichen Verlauf der Aushärtung gezielt zu beeinflussen.

Projekt Smart Dynamic Casting:
**www.dfab.arch.ethz.ch/web/d/forschung/223.html →**

HUBER+SUHNER
Excellence in Connectivity Solutions

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. Sie haben einen Abschluss in Elektrotechnik, Maschinenbau oder Werkstofftechnik. Wir bieten Ihnen den idealen Einstieg in R&D, Product und Market Management oder im Application Engineering.

Patricia Stolz, Personalleiterin
Telefon +41 71 353 44 26, patricia.stolz@hubersuhner.com

Das weltweit tätige Schweizer Unternehmen HUBER+SUHNER entwickelt und produziert Komponenten und Systeme zur elektrischen und optischen Übertragung von Daten und Energie. Mit Lösungen aus den Technologiebereichen Hochfrequenz, Fiberoptik und Niederfrequenz beliefert HUBER+SUHNER Kunden in den Märkten Kommunikation, Transport und Industrie.

**HUBER+SUHNER AG**
Tumbelenstrasse 20,
8330 Pfäffikon, Schweiz
Degersheimerstrasse 14,
9100 Herisau, Schweiz

hubersuhner.com

**Und werden Teil der Sensirion-Story:** Sensirion ist das weltweit führende und mehrfach preisgekrönte Hightech-Unternehmen auf dem Gebiet der Feuchtesensoren und Durchflusssensoren – mit Niederlassungen in Übersee und im Fernen Osten. Dank unserer einzigartigen CMOSens® Technologie vereinen wir das Sensorelement mit der digitalen Auswerteelektronik auf einem winzigen Siliziumchip. Damit verschieben wir die Grenzen des Messbaren ins schier Unermessliche. Schreiben Sie Ihre eigenen Kapitel der Sensirion-Erfolgsgeschichte und übernehmen Sie Verantwortung in internationalen Projekten. Stimmen Sie sich auf www.sensirion.com/jobs auf eine vielversprechende Zukunft ein.

SENSIRION
THE SENSOR COMPANY

Farhad Rikhtegar mit dem Modell eines echten Schweineherzens, das als Vorlage der Simulation diente.

Computersimulation

## Wie Stents den Blutfluss stören

Um die Auswirkungen von Stents in Arterien besser zu verstehen, hat ETH-Doktorand Farhad Rikhtegar aus der Gruppe von Dimos Poulikakos im Labor einen Stent in eine Schweineherzarterie implantiert und im Computer simuliert, wie das Blut durch ihn hindurchfliesst.

So konnte der Forscher zeigen, warum es im Bereich von gefässerweiternden Stents zu erneuten Ablagerungen und Wucherungen und damit zu Verengungen der Arterie kommen kann; so genannte Restenosen, wie sie bei zwei von fünf Patienten auftreten.

Rikhtegars Computermodelle erzielen einen bisher unerreichten Detailreichtum. Daher eignen sie sich, den Zusammenhang von hämodynamischen Faktoren und Gefässbiologie zu erforschen. Die Simulation kann aber auch dazu genutzt werden, die Anwendung von Stents zu optimieren oder neue Stentformen zu entwickeln und sie am Computer zu testen.

Neuer Katalysator

## Strom aus Alkohol und Wasser

Forschende um Hansjörg Grützmacher, Professor am Laboratorium für Anorganische Chemie der ETH Zürich, haben ein neues Molekül entwickelt, das die Herstellung von Strom aus Alkohol ermöglichen könnte. Wird es als Katalysator einem Gemisch aus Methanol und Wasser beigegeben, reagiert dieses zu molekularem Wasserstoff und Kohlendioxid. Das Spezielle am neuen Katalysator: Er ermöglicht diese Reaktion bei Temperaturen unter 100 Grad und bei atmosphärischem Luftdruck. Zudem läuft die Reaktion sauber ab; es entstehen keine unerwünschten giftigen Nebenprodukte.

Der neue Katalysator könnte dereinst als aktive Komponente in Elektroden einer Brennstoffzelle Verwendung finden. Damit liesse sich ein Gemisch aus Wasser und Methanol direkt als Flüssigbrennstoff zur Stromproduktion einsetzen.

Tiefengeothermie

## Startschuss für Initiative

Die ETH Zürich erhält von der Werner-Siemens-Stiftung 10 Millionen Franken für den Aufbau einer Professur für Tiefengeothermie. Damit kann sie ihre Initiative für diese vielversprechende Energietechnologie wunschgemäss starten. Die Tiefengeothermie gilt als interessante Option für die künftige Energieversorgung. Bis ihr Potenzial genutzt werden kann, müssen jedoch noch zahlreiche Fragen geklärt werden. Mit der Verstärkung ihrer Aktivitäten will die ETH dazu einen wichtigen Beitrag leisten.

ETH Zürich Foundation

## Prominente Verstärkung

Die ETH Zürich Foundation erhält prominente Verstärkung: Thomas Jordan, Präsident des Direktoriums der Schweizerischen Nationalbank (Bild), und Walter Gränicher, Präsident ETH Alumni, haben im April ihre Tätigkeit im Stiftungsrat aufgenommen. Zudem sind seit dem letzten November auch Brice Koch, Leiter Power Systems bei ABB, und Hariolf Kottmann, CEO Clariant International, neu im Stiftungsrat aktiv.

# Ticker

Spark Award

## Verbundmaterial mit Potenzial

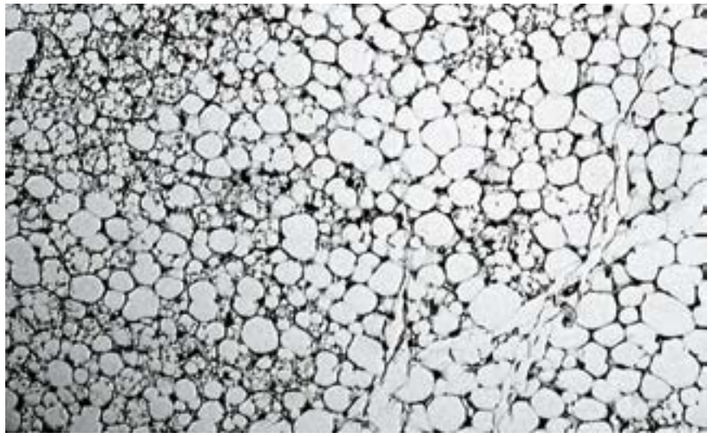
130 Erfindungen hat die ETH Zürich im Jahr 2012 hervorgebracht. Die innovativste und wirtschaftlich vielversprechendste wurde mit dem Spark Award ausgezeichnet. Eine Gruppe um André Studart, Professor für komplexe Materialen, erhielt den Preis für ein neuartiges Verbundmaterial. Mit der gleichen Produktionsmethode will die Gruppe nun weitere Komposite entwickeln, die bei biomedizinischen Implantaten oder in der Automobil- und Luftfahrtindustrie Anwendung finden könnten.

Neue Video-Kolumne

## Polybahn Pitch

Wissenschaft kurz und knapp: In Anlehnung an das Motto des «Elevator Pitch» sind beim «Polybahn Pitch» die ETH-Forschenden gefragt. Während einer Polybahnfahrt vom Central hoch zur ETH haben sie 100 Sekunden Zeit, die Zuhörer von ihrer Forschung zu begeistern. Ab Mitte Juni regelmässig auf dem Youtube-Channel der ETH. Erster Gast: Jan-Egbert Sturm, Leiter der Konjunkturforschungsstelle KOF.

Polybahn Pitch:
**www.ethz.ch/polybahn-pitch →**



In weissem Fettgewebe entstehen bei Kälte braune Fettzellen mit vielen kleinen Lipidtröpfchen, sichtbar besonders in der linken Bildhälfte.

Fettleibigkeit

## Böses Fett in gutes umwandeln

Im Körper gibt es zwei Arten von Fettzellen: Weisse Fettzellen dienen als Energiespeicher. Wenn genügend Nahrung zur Verfügung steht, vermehren sie sich und speichern Energie in Form von Fett. Folge: Wir nehmen zu. Braune Fettzellen dagegen verbrennen Energie, um Körperwärme zu produzieren. Forschende unter der Leitung von Christian Wolfrum, Professor am Institut für Lebensmittelwissenschaften, Ernährung und Gesundheit, zeigten nun erstmals am Beispiel von Mäusen, dass sich, abhängig von der Temperatur, weisse Fettzellen in braune umwandeln können und umgekehrt. Bei winterlichen Temperaturen bildeten die Versuchstiere braune Fettzellen in ihrem weissen Fettgewebe. Bei anschliessenden Wärmeperioden wurde das Gewebe wieder weiss. Der Ansatz, braune Fettzellen zu aktivieren, verspricht neue Therapieformen gegen Fettleibigkeit.

Mikroroboter

## Miniwerkzeug für Augenärzte

Wird die Netzhaut schlecht durchblutet, müssen Augenärzte schnell handeln, damit ein Patient nicht erblindet. Bisher fehlten jedoch genügend sensitive Methoden, um zu messen, wie gut die Netzhaut im Auge mit Sauerstoff versorgt wird. Forschende um Bradley Nelson, Professor für Robotik und Intelligente Systeme, haben nun zusammen mit Chemikern der Universität Granada einen Mikroroboter entwickelt, der Sauerstoff im Auge messen kann. Der Mikroroboter ist mit einem Farbstoff überzogen, der sich je nach Sauerstoffgehalt der Umgebung ändert. Augenärzte könnten den Roboter mit Hilfe einer Injektionsnadel einsetzen, ihn über Magnetfelder in Position bringen und das Fluoreszenzsignal über ein Mikroskop durch die Pupille messen. Bestehende Diagnoseverfahren, die ohne einen Stich in den Augapfel auskommen, sind weniger genau.



VENTURE KICK
KICKSTART YOUR HIGHTECH BUSINESS

130'000 to kick your startup

Explore the business potential of your technology

Are you doing innovative research? Ever considered exploring the market potential of your application? venture kick provides you with CHF 130'000, support and network of investors to kick-start your own company.

Get your kick: www.venturekick.ch

venture kick is a fully private initiative supported by:

GEBERT RÜF STIFTUNG
WISSENSCHAFT.BEWEGEN
ERNST GÖHNER STIFTUNG
OPO STIFTUNG
AVINA STIFTUNG
FONDATION LOMBARD ODIER
DEBIOPHARM GROUP

Was aussieht wie ein Picknick im Grünen ist Feldarbeit für ein Forschungsprojekt, mit dem der Einfluss des Klimawandels auf Alpenpflanzen untersucht wird.



Ökologie

# Alpenpflanzen im Klima der Zukunft

*Peter Rüegg*

**Umweltforscher der ETH gehen ungewohnte Wege: Statt darauf zu warten, dass das Klima der Alpen wärmer wird und Pflanzen in höhere Lagen wandern, holen sie Alpenpflanzen von den Bergen hinunter. Damit transferieren sie sie mit einem Schlag in ihr zukünftiges Klima und in eine neue Konkurrenzsituation.**

Nebel schleicht um den langgezogenen Gipfelgrat des Haldensteiner Calanda, die Sonne drückt nur gelegentlich durch. September 2012 – in den Bergen ist es Herbst geworden. Die Vegetation hat sich bräunlich verfärbt, nur noch wenige Blumen blühen, darunter der lilafarbene Feldenzian und der letzte Wundklee der Saison.

Und genau auf diese Arten hat es Jake Alexander abgesehen. Er liegt auf dem Boden, sticht mit einem Küchenmesser in die Erde, schneidet einen kleinen Erdballen mit dem Feldenzian aus. Er zupft die Reste anderer Pflanzen weg, die er nicht braucht, und legt dann das Pflänzchen in eine grüne Saatschale. Immer wieder zählt er die Setzlinge durch: 120 müssen es am Ende sein; 30 sind es jetzt.

## Transplantation in tiefere Gefilde

Die «Gartenarbeit» auf 2000 m ü. M. hat einen Grund: Die beiden Postdocs Jake Alexander und Jeff Diez sowie Professor Jonathan Levine vom Institut für Integrative Biologie wollen fünf «Fokusarten», typische Pflanzen der alpinen Zone, in tiefere Gefilde verpflanzen. Zweck der Übung: Die Forschenden wollen besser verstehen, wie sich die Pflanzen in einem wärmeren Klima verhalten, um mögliche Folgen des Klimawandels abschätzen zu können. Zu den Fokusarten zählen neben dem Feldenzian und dem Wundklee auch die Frühlingsanemone, eine Skabiose und der Bergwegerich. Der Versuch soll zeigen, wie diese Arten auf höhere Durchschnittstemperaturen und auf eine neue Konkurrenzsituation durch Pflanzen, die in wärmeren Zonen leben, reagieren. Weil es aber Jahrzehnte dauern kann, bis die Temperaturen die in den Klimamodellen vorausgesagten Werte erreichen, versetzen die Forscher ihre Fokuspflanzen in tiefere Lagen. Dorthin, wo schon jetzt Temperaturen herrschen, die in 50, 60 Jahren ein paar hundert Höhenmeter weiter oben zu erwarten sind. Pro 100 Höhenmeter, so die Faustregel, nimmt die Temperatur um 0,6 Grad Celsius ab.

Für ihren Versuch haben die Forschenden den Churer Hausberg ausgewählt. Sein breiter, ostwärts ausgerichteter Bergrücken reicht von 500 Meter auf über 2600 Meter Höhe. Damit kommen an diesem Berg fast sämtliche Vegetationsstufen der Schweiz vor, von der tiefsten Tallage, wo Reben wachsen, bis hin zum kargen hochalpinen Rasen, wo sich die geschlossene Vegetation in einzelne Flecken aufzulösen beginnt: ideale Voraussetzungen für dieses Transplantationsexperiment.

## Klimawandel wirkt auf Konkurrenzverhältnisse

«Wir wissen, dass der Klimawandel Pflanzen durch Veränderungen in ihrer Physiologie direkt betreffen kann», sagt Alexander. Direkte Auswirkungen können sein: verändertes Wachstum, erhöhte oder geringere Samenproduktion. Die Forscher sind aber vorwiegend an den indirekten Folgen des Klimawandels interessiert. So dürften sich die Konkurrenzverhältnisse an den angestammten Standorten verändern, wenn sich Pflanzen aus tiefen Lagen in höhere ausbreiten. Dadurch verändern sich die zahlreichen Wechselwirkungen zwischen den Pflanzenarten. «Die Bedeutung dieser

Postdoc Jeff Diez sammelt Feldenzian auf 2000 m ü. M. (links). Sorgfältig ausgestochene Feldenzianpflanzen warten auf die Transplantation in tiefere Lage (rechts).

Jake Alexander und Jeff Diez setzen die gesammelten Fokuspflanzen ein (links). Jede Pflanze wird vorher genau vermessen (rechts).

indirekten Effekte des Klimawandels und ihres Einflusses auf die zukünftige Verbreitung der Arten ist eine der grossen Fragen der Klimaforschung», so der Umweltwissenschaftler. Zurzeit berücksichtigen die Voraussagen, wie sich die Verbreitung der Arten verschieben wird, kaum, dass sich die Wechselwirkungen zwischen den Pflanzen verändern. Alexander erwartet, dass Alpenpflanzen in einem wärmeren Klima schlechter wachsen, wenn sie mit einer Pflanzengesellschaft aus tieferer Lage konfrontiert werden, als wenn sie einer Gesellschaft aus höherer Lage gegenüberstehen. «Spielt die Identität ihrer Konkurrentinnen wirklich eine wichtige Rolle, dann wird es schwieriger, den Ausgang des Klimawandels für eine bestimmte Pflanzenart vorauszusagen.»

### Auf einen Schlag drei Grad wärmer

Der Versuch am Calanda soll zeigen, ob die Vermutung berechtigt ist. Ende August 2012 liessen die Forscher in einer spektakulären Aktion mit dem Helikopter Erde und zehn Rasenziegel mit Hochgebirgsvegetation vom Gipfel des Calandas auf 2600 Metern Höhe zum Cafäraboden auf 2000 Meter hinabtransportieren, wo sie diese in Versuchsflächen einbetteten. Von jeder der fünf Fokusarten pflanzten sie Exemplare in Rasenziegel vom Calandagrat, aber auch in solche vom Cafäraboden sowie in vegetationslose Erde. Eine identisch aufgebaute Versuchsfläche legten die Forschenden 600 Höhenmeter tiefer auf dem Nesselboden auf 1400 Metern an. Dorthin verpflanzten sie wiederum zehn Rasenziegel und Erde vom Cafäraboden sowie je 120 Individuen der fünf Arten.

Die Versuchspflanzen wachsen so auf jeder der gewählten Höhenstufen unter vier verschiedenen Bedingungen: in der Pflanzengesellschaft der jeweiligen Höhenstufe sowie in einer der nächst höher gelegenen, ausserdem in nackter Erde von diesen zwei Standorten.

«Die jeweils 600 Meter Höhenunterschied bedeuten rund drei Grad Celsius höhere Durchschnittstemperaturen», betont Diez. Die alpinen Pflanzen werden in den ihnen fremden Rasenziegeln zudem Pflanzengesellschaften ausgesetzt, mit denen sie vorher nichts zu tun hatten. «Dies kann ein möglicher Ausgang des Klimawandels sein: Alpenpflanzen, die sich in einem wärmeren Klima wiederfinden, zusammen mit Konkurrentinnen aus tieferen Lagen, die sich in höhere Lagen verbreitet haben», sagt Levine, Professor für Pflanzenökologie der ETH Zürich.

Die Aussage des ETH-Professors ist nicht aus der Luft gegriffen. Forscherinnen und Forscher der Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) und des

Das Versuchsgelände im Überblick

Instituts für Schnee- und Lawinenforschung konnten anhand von historischen Aufzeichnungen bereits aufzeigen, dass sich die Flora auf Alpengipfeln drastisch verändert hat. Fand der Zürcher Botaniker Oswald Heer 1835 auf dem Gipfel des Piz Linard im Unterengadin eine einzige Pflanzenart, so siedeln dort mittlerweile 16 Arten, darunter solche, die vor Jahrzehnten 200 Meter tiefer ihre höchsten Vorkommen hatten. Die Forschenden der WSL konnten aber auch zeigen, dass die meisten der aufsteigenden Arten schon oberhalb der Waldgrenze vorgekommen sind, ehe sie aufgrund des Klimawandels noch höher gelegene Lebensräume erobern konnten. Für Pflanzen, die unterhalb der Waldgrenze vorkommen, wirkt die geschlossene Grasdecke der alpinen Stufe wie eine Barriere.

### Schnee als Hindernis

Wie schnell die im ETH-Experiment verpflanzten Alpenpflanzen eine Reaktion zeigen, können die Wissenschaftler nicht voraussagen. Projektleiter Alexander schätzt, dass die alpinen Pflanzen mit dem wärmeren Klima mehr oder weniger gut zurechtkommen, nicht aber mit der neuen Konkurrenzsituation. So dürften die von 2000 Metern auf 1400 Meter transplantierten Pflanzen in den kahlen Erdplots gut gedeihen, während diejenigen in Rasenziegeln mit der Graslandkonkurrenz von 1400 Metern wohl nur schwerlich durchkommen werden.

Dies gilt aber möglicherweise nicht für jede der fünf Fokusarten gleich. So vermutet der Forscher, dass die Skabiose, die bereits heute auch in tieferen Lagen unterhalb der Waldgrenze wächst, weniger Schwierigkeiten haben könnte als die Frühlingsanemone, die weitgehend auf die Zone oberhalb der Waldgrenze, der so genannten alpinen Stufe, begrenzt ist. «Diese Art könnte grosse Schwierigkeiten mit dem wärmeren Klima und der neuen Konkurrenzsituation bekommen», sagt er.

Noch ist vieles Spekulation, Hypothese oder schlicht ein Gespür dafür, wie sich die Natur in Anbetracht zunehmender globaler Durchschnittstemperaturen verhält und anpassen wird. Erst das, was die Forscher in den kommenden Monaten und Jahren auf dem breiten Rücken des Calandas messen und beobachten, wird mehr Klarheit darüber bringen – und sicherlich weitere Fragen aufwerfen, welche treibenden Kräfte und Mechanismen darüber entscheiden, wie die einzelnen Arten auf den Klimawandel reagieren.

Doch bevor es soweit ist, kämpfen die Wissenschaftler noch mit ganz elementaren Dingen: Der Schnee, der in diesem Jahr sehr lange und reichlich liegenblieb, verhinderte, dass Alexander und seine Kollegen wie geplant zeitig im Frühjahr mit ihrer Arbeit weiterfahren konnten. Zwar haben sie den Nesselboden auf 1400 Metern Höhe bereits einmal im April dieses Jahres besucht. Viel ausrichten konnten sie indes nicht. Der Schnee lag zu hoch. Auf der höheren Versuchsebene auf 2000 Metern erwacht das Leben nach dem langen, harten Winter noch später. So wird es sich wohl erst im Verlauf des Sommers erstmals und vielleicht noch zaghaft zeigen, welche der fünf Pflanzenarten im Klima der Zukunft eine Chance haben könnte. ■

Informationen zum Projekt:
**www.ethglobe.ethz.ch/alexander →**
Video zum Projekt:
**http://vimeo.com/57409047 →**

# Die Teilchenbändiger

Sie beobachten kleinste Teilchen in der Grösse von wenigen Milliardstel Metern und beeinflussen und bearbeiten sie so gezielt, dass sie bestimmte Aufgaben übernehmen. Im Idealfall entstehen neue Materialien mit ungewöhnlichen Eigenschaften, ultrakleine elektronische Bauteile oder gar künstliche Zellen. Forschende aus unterschiedlichen Disziplinen arbeiten heute auf der Nanoebene. Nun sollen ihre Erkenntnisse aus den Labors noch stärker Eingang in die Industrie finden.

**Nanoforschung ist heute Alltag** Seite 18
**Materialdesign im Kleinen** Seite 24
**Die Grundlagen besser verstehen** Seite 26
**Das Geheimnis der Magnete** Seite 29
**Künstliche Zellen bauen** Seite 30
**Die Nanodetektive** Seite 32

# «Nanoforschung ist heute Alltag»

Vor rund 30 Jahren eröffnete die Erfindung des Rastertunnelmikroskops der Wissenschaft den Zugang zur Nanowelt. Kleinste Teilchen wurden sichtbar und handhabbar. Wohin dies Wissenschaft und Industrie geführt hat, und wo die Nanotechnik heute steht, darüber sprechen der Chemiker Wendelin Stark, der Physiker Klaus Ensslin und der Elektroingenieur Christofer Hierold.

*Roland Baumann und Martina Märki*

*Alle reden von Nanotechnologie, doch was ist das eigentlich genau?*

**Wendelin Stark:** Als Forschende begnügen wir uns mit pragmatischen Gebrauchsdefinitionen. Wir sprechen von Nano, wenn etwas sehr klein ist. In der Rechtsprechung beginnt der Nanobereich bei 100 Nanometern, bei den Physikern liegt der Bereich eher bei 10 Nanometern.

**Klaus Ensslin:** Wir müssen das noch etwas einschränken. Es genügt schon, wenn das Objekt in einer Richtung klein ist. Es müssen nicht alle Dimensionen im Nanometerbereich liegen. Es gibt zum Beispiel Filme aus Graphen, die können quadratmetergross sein, sind aber entsprechend dünn. Das rechnen wir auch dazu.

**Gesprächsteilnehmer:**

*Klaus Ensslin* ist Professor für Experimentalphysik am Laboratorium für Festkörperphysik der ETH Zürich. Schwerpunkte seiner Forschung sind die elektronischen Eigenschaften neuartiger Halbleiter-Bauelemente, die durch die gezielte Herstellung von Materialien auf atomarem Massstab modifiziert werden. Ein Ziel ist die immer bessere Kontrolle der Quanteneigenschaften von Elektronen in Nanostrukturen.

*Christofer Hierold* ist stellvertretender Leiter und Professor am Departement Maschinenbau und Verfahrenstechnik. Seine Forschungsschwerpunkt sind neue funktionale Materialien für Sensoren – zum Beispiel Kohlenstoffnanoröhren – und deren Integration in Herstellungsprozesse für Mikrosysteme und zukünftige Nanosysteme.

*Wendelin Stark* arbeitet als Professor für Funktionelles Material-Engineering am Institut für Chemie und Bioingenieurwissenschaften. Seine Forschung verwendet Konzepte aus der Chemie und der Materialwissenschaft zur Entwicklung neuer Produkte und industrieller Prozesse sowie Behandlungskonzepte in der Medizin.

*Wirklich interessant ist ja vermutlich nicht allein die Kleinheit, sondern das nichtklassische Verhalten der Objekte.*

**Stark:** Das kann man so generell nicht sagen. Für die Rechtsprechung beispielsweise ist das nicht so relevant. Die EU-Kommission begnügt sich mit dem formalen Aspekt, also der Definition kleiner als 100 Nanometer. Das führt allerdings zu Problemen, denn in der Chemie ist ohnehin alles kleiner und auch in der Biologie spielt sich vieles auf kleinster Ebene ab. Vieles funktioniert dabei nach ganz klassischen physikalischen Gesetzen.

**Ensslin:** Genau das möchte ich aus der Sicht der Physik betonen. Erst im Bereich der Quantenphysik bewegen wir uns in einem Gebiet mit anderen Gesetzen. Viele Nanostrukturen verhalten sich physikalisch gesehen völlig klassisch.

**Christofer Hierold:** Für uns Ingenieure liegt die Herausforderung im Fabrikationsaspekt. Wir wollen Strukturgrössen jenseits des Mikrometers bis zu einigen Nanometern herstellen können. Dazu gibt es grundsätzlich zwei unterschiedliche Technologievarianten. Die eine kennen wir schon lange aus der chemischen Verfahrenstechnik: Die Chemie beschäftigt sich mit Molekülen und Partikeln, «en masse» sozusagen. Es gibt aber auch die andere Dimension, wo Strukturen im Nanometermassstab reproduziert werden sollen, die beispielsweise bestimmte elektronische Eigenschaften haben. Und dies möchte man nicht nur im Labor, sondern im industriellen Massstab erreichen.

Nanotechnologie gehört heute zu den unverzichtbaren Instrumenten im Forschungsalltag von Wendelin Stark, Klaus Ensslin und Christofer Hierold.

*Geht es zum Beispiel darum, Materialien zu verändern?*

**Hierold:** Wir wollen die strukturelle Kontrolle im Nanometermassstab haben und damit auch Materialien entwickeln können, die andere als die klassischen Mengeneigenschaften haben.

**Stark:** Wenn man Strukturen sehr klein macht, dann zeigen sie auch in ganz einfachem Sinn nichtklassisches Verhalten. Dieses Wasserglas zum Beispiel halte ich in der Hand, und ich kann daraus trinken. Wenn ich dieses Glas sehr klein mache, wird es zu feinem Staub. Dieser Staub könnte in meinen Körper gelangen. Ich könnte ihn auch als Teil eines biomedizinischen Implantats verwenden. Chemisch gesehen ist es immer noch genau das gleiche Material. Es hat auch oft noch keine neuen physikalischen Eigenschaften. Aber ich kann es dennoch in ganz anderer Weise einsetzen als bisher üblich.

**Hierold:** In der Physik und der Elektrotechnik kommen neben den Materialeigenschaften noch die erwähnten elektronischen Eigenschaften dazu. Und neben den Eigenschaften und den Herstelltechnologien gibt es einen weiteren wichtigen Aspekt: Zur Nanotechnologie gehören auch die Methoden, die es uns erlauben, diese Eigenschaften zu beobachten, also die geeigneten Analysemethoden und bildgebenden Verfahren.

*Was waren die Antriebe, sich in den Nanobereich vorzuwagen? Welchen Stellenwert haben konkrete Anwendungen?*

**Ensslin:** Die Entwicklung der Nanotechnologie ist durch die Mikroelektronik vorangetrieben worden. Hier hat man schon seit mindestens 30 Jahren versucht, die Dinge kleiner und schneller zu machen. Qualitativ Neues passierte dabei lange nicht. Zunächst wurde alles einfach immer kleiner und immer schneller und irgendwann kam man im

Nanomassstab an. Dass sich kleinste Strukturen entsprechend den Gesetzen der Quantenmechanik verhalten, war zwar bekannt, aber nicht das eigentliche Ziel der Entwicklung in der Mikroelektronik. In der Physik war die Entwicklung sehr direkt getrieben durch die Halbleiterindustrie. Das ist in den anderen Forschungsgebieten nicht unbedingt so.

**Hierold:** Wir sind natürlich auch durch die neuen Funktionalitäten, die Nanomaterialien bieten, getrieben. Sie ermöglichen beispielsweise, dass wir immer empfindlichere Sensoren entwickeln können. Aber selbst wenn ich mich wiederhole: Als Technologe gehören für mich Funktionalität, Fertigung und Prozesskontrolle zusammen.

*Es gibt Autolacke mit besonders schmutzabweisenden Eigenschaften auf Nanobasis, meine Sonnencreme wirbt mit Nanopartikeln. Ist Nanotechnologie heute schon im Alltag angekommen?*

**Stark:** Da klafft meiner Ansicht nach eine Lücke zwischen Wunsch beziehungsweise Marketing und Wirklichkeit. Um die Jahrtausendwende gab es einen riesigen Hype um die Nanotechnologie, nicht zuletzt, weil in den USA massiv Mittel in diesen Bereich investiert wurden. Es gab regelrechte Nanopropheten. Jede neue technologische Entwicklung löst zunächst einmal Träume aus. Die Ernüchterung kommt immer am Tag danach. Auch in der Nanotechnologie kann man diese Ernüchterung beobachten. Viele der visionären Träume aus den Anfangszeiten, wie perfekte Solarzellen, die Wasserstoffgewinnung und -speicherung unter Normaldruck oder Superakkus, sind bis heute noch nicht verwirklicht.

*Welche Folgen hat das?*

**Stark:** Das hat zum Beispiel in der Industrie dazu geführt, dass man heute wieder fragt: Funktioniert es? Vor ein paar Jahren fragte man dagegen: Ist da Nano drin? Man verband mit dem Begriff wahnsinnige Hoffnungen. Heute erwartet man einfach ein gutes Produkt, das schneller, kleiner, leichter und billiger sein soll und eventuell auch noch etwas mehr können soll. In einem gewissen Sinn ist Nano für uns tatsächlich alltäglich geworden.

*Ist also die grosse Revolution durch die Nanotechnologie ausgeblieben?*

**Stark:** Nein, sie hat nur etwas anders stattgefunden, als die Marketingversprechen erwarten liessen. Für uns Wissenschaftler ist Nanotechnologie ein extrem wichtiges Instrument im Forschungsalltag. Die eigentliche Revolution besteht darin, dass wir heute in praktisch allen Disziplinen bei unseren Überlegungen und Konzepten routinemässig eine Nanometerbetrachtung machen können. Dies wäre noch vor 10 oder 20 Jahren nur in wenigen hochspezialisierten Labors möglich gewesen. Und dies ist eine entscheidende Voraussetzung. Man kann erst etwas designen, wenn man es sichtbar machen, beobachten und nachweisen kann. Neue Geräte dafür zu entwickeln, Konzepte und

> «Wir können heute Dinge messen, von denen Einstein vor 100 Jahren geträumt hat.»
>
> Klaus Ensslin

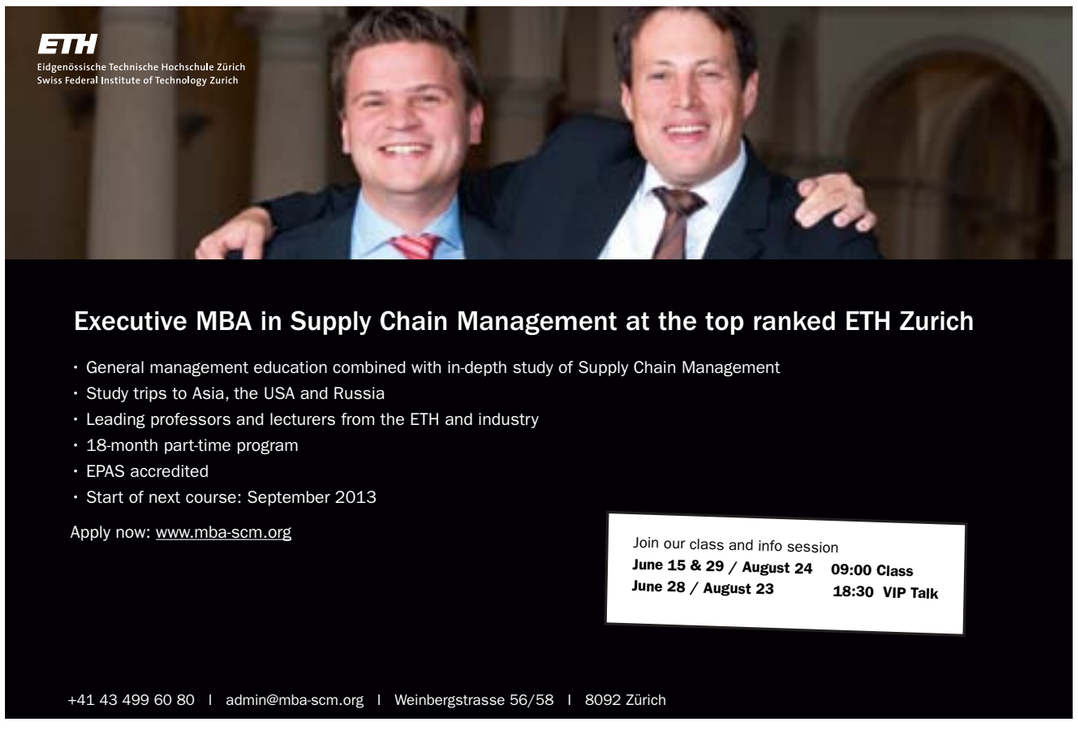
eine Sprache, Methoden, um etwas herzustellen, das ist ein sehr wichtiger Prozess mit ungeheuren Folgen. Für mich ist das vergleichbar mit der Situation, als man im Mittelalter das Mikroskop und das Fernrohr entwickelt hatte und damit neue Welten entdeckte.

**Hierold:** Wenn wir etwas im Labor beobachten und herstellen können, heisst das allerdings noch lange nicht, dass es auch in industriellem Massstab funktioniert, dass wir es in gleichbleibender Qualität und zu vernünftigen Kosten herstellen können. Der industrielle Ansatz in Bezug auf die Reproduzierbarkeit der strukturellen Nanomaterialien steckt noch in den Kinderschuhen. Hier gibt es noch eine grosse Lücke zwischen Forschung und Industrie. Da besteht noch Forschungsbedarf, und wir müssen auch noch vermehrt die Zusammenarbeit mit der Industrie suchen.

*Ist dies spezifisch für die Schweiz? Machen es die USA beispielsweise besser?*

**Stark:** Aus meiner Sicht ist das ein veralteter Schweizer Komplex. Ich habe den Eindruck, dass sich bei uns im Verhältnis zur Industrie manches sogar wesentlich unkomplizierter gestaltet als in den USA.

**Ensslin:** Heute ist Nano in der Schweiz Mainstream. Das machen wir alle: Chemiker, Physiker, Ingenieure, Biologen. An Hochschulen, aber auch in der Industrie. Ein schönes Beispiel dafür sind das FIRST-Lab hier an der ETH und das neuere Binnig and Rohrer Nanotechnoloy Center von IBM und ETH Zürich. Diese Einrichtungen sind Nanowerkstätten, an denen heute kaum einer vorbeikommt. Das ist für mich eine der grössten Erfolgsstorys der ETH. Wenn man sich die Benutzerlisten anschaut, dann führen die quer durch alle Departemente. Beim Thema Oberflächentechnologien ist auch die Industrie sehr stark dabei.



*Wo ist der Unterschied zwischen der Forschung an einer Hochschule und der Industrie?*

**Hierold:** Spezifisch für die Forschung an der ETH ist sicherlich, dass sie bewusst auf Grundlagenforschung, auf explorative Forschung im Bereich der Naturwissenschaften, aber auch der Ingenieurwissenschaften setzt. Im Allgemeinen dauert es allerdings acht bis zwölf Jahre, bis aus dem, was wir im Labor zeigen können, ein reales Produkt wird. Die Industrie forscht grösstenteils näher am Produkt. An Themen, die für eine konkrete Produktentwicklung wichtig sind. Grosse Firmen, die sich heute noch ein eigenes Forschungslabor leisten, können aber durchaus auch in längeren Zeithorizonten forschen. IBM ist dafür ein gutes Beispiel.

**Ensslin:** Es ist ja kaum Zufall, dass das Rastertunnelmikroskop, das Beobachtungen auf der Nanoebene erst möglich gemacht hat, durch Binnig und Rohrer bei IBM entwickelt wurde. Das war die eigentliche Geburtsstunde der Nanotechnologie. Wir Physiker sind mit unserer Forschung natürlich sehr weit weg von den meisten kleineren Firmen, aber wir sind sehr nahe an dem, was IBM macht. Und wir können uns sehr glücklich schätzen, dass wir hier in der Schweiz eine so kompetente Hightechfirma in unserer Nähe haben.

**Stark:** Bei uns in der Chemie sind die Zeitskalen etwas anders. Die Zeithürde in der Pharmaforschung ist häufig vor allem regulatorischer Natur. Auch biomedizinische Produkte unterliegen bestimmten Vorschriften, bevor sie im

> «Wir wollen noch stärker mit der Industrie in Kontakt kommen, auch wenn unsere Forschungsthemen sehr weit im Vorfeld sind.»
>
> Christofer Hierold

Markt zugelassen werden. In der Mengenproduktion von Nanopartikeln erfolgt der Schritt in den Markt relativ schnell. Die Produkte sind vielleicht technisch weniger kapitalintensiv, deshalb ist die Umsetzung einfacher.

*Sind Sie mit ihren Produkten also näher an der Industrie?*

**Stark:** Wir haben in den letzten Jahren mit einer Reihe von KMU zusammengearbeitet, die ihre Produkte verbessern wollten. Sie haben nicht nach Nano gefragt, sondern nach konkreten Lösungen: Unser Produkt soll in Zukunft stabiler sein, oder es soll das Licht besser durchlassen. Könnt ihr das – auch unter Einsatz der Nanotechnologie – verbessern? Die Firma ist typischerweise eine kleine oder mittlere Firma mit Sitz in der Schweiz, die auf dem Weltmarkt tätig ist und ihre Produkte auf den neuesten technologischen Stand bringen will, um mitzuhalten.

Zum Grundauftrag der ETH gehört, dass wir die Schweizer Wirtschaft unterstützen und stärken. So gibt es diese Bereiche, in denen wir sehr nahe an der Industrie und den Märkten sind und Dinge schnell umsetzen.

**Hierold:** In meinem Gebiet sind wir tatsächlich etwas stärker langfristig orientiert. Wir unternehmen aber Anstrengungen, möglichst frühzeitig mit der Industrie in Kontakt zu kommen und sie einzubeziehen, wenn wir Dinge vorentwickeln. Das führt hoffentlich dazu, die Lücke zwischen Forschung und industrieller Umsetzung schneller zu schliessen und den Innovationszyklus zu beschleunigen.

*Was hat die Nanoforschung der ETH schon auf den Markt gebracht?*

**Stark:** Einiges. So gründen wir dieser Tage die fünfte Spinoff-Firma. Eines unserer Produkte hilft, Chemikalien zu trennen, indem man bestimmte Bestandteile mit einem kleinen magnetischen Partikel verbindet. So kann man sie ganz einfach mit einem Magneten herausziehen. Mit der Forschung dazu haben wir im Jahr 2005 begonnen, 2006 hat ETH Transfer uns geholfen, Patente darauf anzumelden, und 2007 haben wir eine Spinoff-Firma gegründet. Sie verkauft heute etwa neun solcher magnetischen Chemikalien und hat Kunden weltweit. Anstoss für dieses Produkt waren Gespräche mit Chemikern in der Industrie. Eine andere Idee entstand vor drei Jahren im Kontakt mit Ärzten vom Unispital. Es handelt sich um ein Produkt für bessere Zahnbehandlungen. Hier warten wir zurzeit auf die Medizinalzulassung, deshalb ist es noch nicht auf dem Markt.

*Wird man als Grundlagenforscher nicht etwas neidisch, wenn man solche Geschichten hört?*

**Ensslin:** Ich finde es wunderbar, dass wir an der ETH einerseits Leute haben, die gerne nahe am Markt sind und schnell zur Anwendung kommen wollen. Uns dagegen begeistert es, dass wir völlig neue Strukturen, nämlich Quantenstrukturen, machen können, wofür wir die Nanotechnologie als Werkzeug nutzen. Natürlich sind wir weit entfernt von irgendwelchen Fabrikationsanforderungen für die Industrie. Wenn bei uns jede zehnte Probe funktioniert, sind wir glücklich. Doch mit einer solchen Probe können wir Dinge messen, von denen Einstein vor 100 Jahren geträumt hat.

*Die Beispiele zeigen die breiten Anwendungsmöglichkeiten von Nanotechnologie. Es gibt aber auch kritische Stimmen, die davor warnen, dass wir uns damit auch Probleme, ähnlich etwa wie mit dem Asbest, einhandeln könnten.*

**Stark:** Natürlich sind auch mit der Nanotechnologie, wie mit vielen anderen Dingen im Leben, unter Umständen Risiken verbunden. Es kommt darauf an, wie man damit umgeht. Wir haben hier an der ETH sehr frühzeitig begonnen, auch die Risiken zu erforschen. Ab 2005 hat das

> «Die Schweiz ist mit ihrer regulatorisch konstruktiven Umsetzung der Risikodiskussion weltweit führend.»
>
> Wendelin Stark

Bundesamt für Gesundheit unsere Forschung dazu finanziert. Bereits 2008 hatte man in der Schweiz, vier Jahre vor der EU wohlgemerkt, einen vom Bundesrat genehmigten Fahrplan, wie man mit der Einführung dieser neuen Technologie umgehen soll. Dieser Aktionsplan zum Umgang mit synthetischem Nanomaterial wurde sukzessive umgesetzt. Heute kann sich ein Unternehmen an das Bundesamt für Gesundheit wenden, wenn es beabsichtigt, ein solches Produkt zu entwickeln. Mit Hilfe eines Modells lassen sich die damit verbundenen Risiken abschätzen. Die Schweiz ist mit dieser regulatorisch konstruktiven Umsetzung der Risikodiskussion weltweit führend.

*Warum ist Nano in der Öffentlichkeit vergleichsweise wenig umstritten?*

**Stark:** Man weiss heute, dass alles letztlich auf Nanostrukturen beruht, selbst das Buchenholz dieses Tischs, das wir übrigens künstlich noch nicht nachahmen können. Gegen etwas so Grundsätzliches kann man nicht sein. Allerdings finde ich, dass wir in der Schweiz Neuem gegenüber oft etwas zu ängstlich sind, gerade im Vergleich zu den USA oder zu Asien. Das finde ich schade. Wir haben hier so grossartige Voraussetzungen: einen guten Wirtschaftsstandort und hervorragende Studierende, die sich mit Technik befassen wollen. Ich würde mir noch etwas mehr Begeisterung wünschen.

*Welche Ziele möchten Sie in ihrer Forschung noch verwirklichen?*

**Stark:** Wenn ich sehe, welchen gewaltigen Herausforderungen wir auf der Welt beispielsweise im Bereich Krankheit und Gesundheit gegenüberstehen, dann habe ich das Gefühl, dass es noch sehr viel zu tun gibt. Ich glaube, wir haben mit Hilfe der Nanotechnologien die Möglichkeit, unendlich viel Sinnvolles zu entwickeln. Das motiviert mein Team und mich sehr.

**Ensslin:** Ich wünsche mir in meinem Gebiet für die nächsten 10, 20 Jahre, dass wir von der Quantenwissenschaft wirklich in die Quantentechnologie eintreten und ich bin überzeugt davon, dass wir das auch erreichen. Ein Stichwort in diesem Zusammenhang ist der Quantencomputer, aber ich glaube, dass noch ganz andere Dinge aus dieser Entwicklung entstehen werden; Dinge, die wir uns heute noch gar nicht vorstellen können.

**Hierold:** Neben der wissenschaftlichen Neugier treibt uns Ingenieure besonders der Wunsch, etwas Konkretes, Anwendbares aus den wissenschaftlichen Erkenntnissen zu entwickeln. Energiesparen mit Nanostrukturen ist ein Thema, das uns im Augenblick besonders beschäftigt. Unser Ziel ist es, mit niedrigsten Energiemengen Informationen zu verarbeiten. Wenn uns dies gelingt, haben wir etwas sehr Sinnvolles erreicht. ■

**Was ist ein Nanometer?**

1 Nanometer = $10^{-9}$ Meter
Ein Nanometer ist ein Milliardstel Meter. Dies ist 100 000 Mal kleiner als der Durchmesser eines Haares und 4 Millionen Mal kleiner als eine Ameise.

Arbeiten im Nanometerbereich ist gleichbedeutend mit dem Arbeiten auf der Ebene einzelner Atome oder Moleküle. Ein Goldatom zum Beispiel misst 1/3 Nanometer im Durchmesser.

Auch in der Biologie spielt sich vieles auf der Nanometer-Ebene ab: Menschliche DNA beispielsweise hat einen Druchmesser von 2,5 Nanometern. Bakterien sind ungefähr 1000 Mal grösser.

# Materialdesign im Kleinen

*Christine Heidemann*

**Dank der besonderen Gesetze im Nanokosmos können Wissenschaftler Materialien massschneidern und ihnen völlig neue Eigenschaften entlocken. Zum Beispiel für schnellere Mikroprozessoren oder natürlicher wirkende Zahnimplantate.**

Ralph Spolenak räumt gleich zu Beginn mit einem Missverständnis auf: Kleiner ist nicht immer besser in der Nanowelt der Materialien. Ab einer gewissen Winzigkeit können negative Effekte überwiegen. Der Leiter des Laboratoriums für Nanometallurgie der ETH Zürich sucht mit seinem Team daher die optimale Längenskala für Materialien, bei der sich deren Eigenschaften verbessern, bevor sie sich wieder verschlechtern. Da diese Längenskala zwar häufig, aber eben nicht immer im Nanobereich, also unter 100 Nanometern liegt, bevorzugt der Professor den Begriff «klein» statt «nano». Sein Ziel: «Im Kleinen einen Vorteil erzielen.»

Dabei widerspricht der Effekt, der eintritt, wenn man Materialien verkleinert, zunächst einmal dem gesunden Menschenverstand. Stellen Sie sich vor, man dünne eine dicke Kupferschicht auf 20 Nanometer aus, dann wird sie zehnmal fester. Wie kann das sein?

Im dicken Kupferklotz, erklärt Ralph Spolenak, können sich Materialdefekte wie Falten in einem Teppich fortbewegen. Sie wandern quasi durch die Kupferschicht hindurch und machen sie dadurch weicher. In der nur nanometerdünnen Schicht dagegen liegen die Begrenzungsflächen so eng beieinander, dass Defekte nicht mehr «wandern» können und die Festigkeit steigt. Je nachdem, welche Eigenschaften ein Material haben soll, können die Forscher also Defekte bewusst ausnutzen oder aber sie daran hindern, sich auszubreiten – also ein Material entsprechend weicher oder fester machen. Aber eben nur bis zu einer gewissen Grenze: Irgendwann wird zum Beispiel aus fest spröde und das Material versagt.

## Germanium wird lasertauglich

Wie Spolenak und sein Team mit Materialdefekten und -grenzen im Nanobereich «experimentieren», zeigt ein Beispiel aus deren aktueller Forschung. Gemeinsam mit weiteren ETH-Wissenschaftlern sowie Forschern des Paul Scherrer Instituts PSI und des Politecnico di Milano haben sie es geschafft, den an sich für Laser ungeeigneten Halbleiter Germanium lasertauglich zu machen. Dadurch könnten künftig Teile eines Mikroprozessors mit Licht kommunizieren – wodurch Computer schneller und leistungsfähiger würden.

Im Gegensatz zu Strom und Kupferkabel kann Licht Signale wesentlich rascher übertragen. Da sich Silizium, das Grundmaterial aller Computerchips, nicht für den Bau von Lasern eignet, setzen die Wissenschaftler auf Germanium; zumal dies bestens mit Silizium kompatibel ist.

«Wenn man Metalle kleiner macht, geht der spezifische Widerstand hoch, und damit reduziert sich die Geschwindigkeit, mit der sich Informationen über elektrische Signale übertragen lassen. Dieser Effekt stellt ein Limit der Miniaturisierung dar, das sich durch optische Signalübertrag lösen lässt», erklärt Ralph Spolenak.

Damit Germanium zum Einsatz kommen kann, bedarf es einer speziellen Konfiguration von Elektronen. Diese wird erreicht, indem die Forscher es einer Zugspannung aussetzen, es also dehnen, um dem Halbleiter Photonen (Lichtteilchen) zu entlocken. Durch die Dehnung rücken die Atome, aus denen das Metall besteht, auseinander. Infolgedessen können sich die Elektronen, die Träger der elektrischen Ladung, ungestörter bewegen und gelangen auf Energieniveaus, die für die Entstehung von Photonen günstig sind.

Schon bei einer Dehnung von 3 Prozent gibt Germanium rund 25-mal mehr Photonen ab als im entspannten Zustand. «Das reicht nahezu aus, um einen Laser zu bauen», sagt Spolenak. Drei Prozent hört sich nach wenig an. Doch überträgt man die Nanodimensionen auf die Makrowelt, entspricht diese Zugspannung der Kraft, die auf einen Bleistift wirkt, wenn zwei Lastwagen in entgegengesetzter Richtung daran ziehen. Die notwendigen hohen elastischen Dehnungen sind in diesem Fall nur bei fast defektfreien Materialien möglich.

## Material für strahlendes Lächeln

Der ETH-Materialforscher forscht aber auch auf ganz anderen Gebieten, etwa im Bereich Zahnimplantate. Es geht darum, eine Beschichtung für den metallischen Unterbau zu entwickeln, der zwischen Titanschraube und Krone sitzt. Dieser ist sehr dunkel, scheint bei niedriger Knochendichte oder dünnem Zahnfleisch durch oder bildet einen schwarzen Rand, wenn sich das Zahnfleisch zurückzieht. Um dieses ästhetische Problem zu lösen, haben Spolenak und sein Team mehrere Lagen aus speziellen keramischen Materialien kombiniert, die dick genug sind, um das Dunkle zu überdecken, aber gleichzeitig dünn genug, um den oben erwähnten Skaleneffekt ausnutzen zu können – das heisst: Die Tatsache, dass Material, indem man es kleiner macht, fester wird.

Ralph Spolenak mit Proben seiner neuen Materialkreation: einer Beschichtung, die Zahnimplantaten eine natürlichere Farbe verleihen soll. Mit der Ultrahochvakuumanlage im Hintergrund misst der Forscher unter anderem die optischen Eigenschaften und mechanischen Spannungen von Materialien.

Beim Designen neuer Materialien orientieren sich die Forscher häufig an der Natur. Ein Vorbild ist zum Beispiel das Perlmutt. Es besteht zwar zu 97 Prozent aus sehr spröden, steifen Materialien, doch die Muschelschalen selbst sind rund 3000-mal bruchfester als das in ihnen eingebettete Mineral Kalziumkarbonat. Dafür verantwortlich ist eine spezielle Kombination aus Grösse und Form. So haben die Mineralblättchen nicht nur eine ganz bestimmte Dicke von wenigen zehn Nanometern, sie sind auch in einer ganz bestimmten Struktur ausgerichtet. Beides zusammen macht die Schalen so enorm fest und führt zu attraktiven optischen Eigenschaften, wie sie auch beim «weissen» Implantat zum Einsatz kommen.

Genau nach solchen idealen Kombinationen aus Grösse und Form suchen Spolenak und sein Team auch in der technischen Welt. Doch im Vergleich zur Natur bestehen technische Materialien in der Regel aus einer Vielzahl von Komponenten, was die Suche erschwert. Hinzu kommt, dass Materialien in der Natur genau dort am festesten sind, wo die Belastungen am grössten sind.

Um Materialien derart effizient nutzen zu können, tüfteln die ETH-Forscher daher auch an deren individueller Zusammensetzung. Zum Beispiel, wenn es darum geht, die richtige Materialkombination für einen Automotor zu entwickeln.

## Elemente gezielt einsetzen

«Wenn ich dafür eine Legierung machen möchte, brauche ich Elemente, die vielleicht selten auf unserem Planeten vorkommen und die sehr teuer sind. Wenn ich diese Elemente nur dort einsetzen müsste, wo die höchsten Belastungen sind, könnte ich eine Menge Geld und Material sparen und überdies auch Ressourcen und damit unsere Umwelt schonen.»

Für Ralph Spolenak ist klar: Die Grenzen zwischen verschiedenen Materialien werden in Zukunft zunehmend verschwinden. Die Materialien von morgen werden aus verschiedensten Komponenten bestehen und lokal unterschiedliche Eigenschaften in sich vereinen – etwa mechanische und elektronische, wie im Fall der Halbleiter, oder mechanische und optische, wie im Fall der Implantate.

«Das Potenzial im Materialsektor ist enorm und eng verknüpft mit den Fortschritten in den Nanotechnologien», ist der Professor überzeugt. Und so wird «das Kleine» Ralph Spolenak wohl so schnell nicht loslassen. ■

Laboratorium für Nanometallurgie:
**www.met.mat.ethz.ch →**

Andreas Stemmer nutzt die modernen Labors in Rüschlikon, um neuartige elektronische Bauteile zu entwickeln.

# Die Grundlagen besser verstehen

Ultrakleine elektronische Bauteile, effizientere Fotovoltaikzellen und heller leuchtende LEDs – all dies soll dank der Nanotechnologie möglich werden. Was es dazu braucht, untersuchen Andreas Stemmer und Vanessa Wood mit ihren Gruppen. Dabei nutzen sie die hochmodernen Labors im neuen Forschungszentrum, das die ETH zusammen mit IBM in Rüschlikon betreibt.



*Felix Würsten*

«Dort hinten sieht man das Fernheizkraftwerk der ETH», meint Andreas Stemmer beim Blick aus seinem Büro. Vor zwei Jahren ist er vom ETH-Standort Zentrum mit seiner Gruppe ins neue Binnig and Rohrer Nanotechnology Center in Rüschlikon gezogen, das die ETH Zürich zusammen mit IBM betreibt. Der Umzug hat sich für ihn gelohnt. Als Professor für Nanotechnik stehen ihm hier am neuen Ort nicht nur hochmoderne Laborräume zur Verfügung, sondern er kann nun auch mit den Forscherkollegen von IBM, mit denen er gemeinsame Projekte realisiert, einen viel engeren Kontakt pflegen. «Der Austausch funktioniert unkompliziert», meint Stemmer. «Nur hin und wieder stolpert man über eine administrative Vorschrift. Dann wird einem bewusst, dass IBM ein amerikanischer Grosskonzern ist.»

## Grenzen der Miniaturisierung

Dass Stemmer eng mit IBM zusammenarbeitet, ist kein Zufall, befasst er sich in seiner Forschung doch mit molekularer Elektronik. Die Grundidee ist, einzelne Moleküle oder Nanopartikel als funktionale Bausteine in elektronischen Schaltungen zu verwenden. «Die Miniaturisierung der Halbleiterstrukturen stösst zunehmend an ihre Grenzen, zum Beispiel, weil die Halbleiter nicht mehr so homogen dotiert sind, wie sie es eigentlich sein sollten», erläutert Stemmer. «Wenn man einzelne Moleküle als Bausteine nehmen würde, hätte man funktionale Einheiten, die auf kleinstem Raum identisch sind.» Dass man durch einzelne Moleküle Strom leiten kann, ist schon seit Längerem bekannt. Doch damit ist nicht viel gewonnen. Die Frage ist, wie man diese Moleküle zusammen mit nanometergrossen Partikeln aus Edelmetall so anordnen kann, dass am Ende eine Struktur entsteht, die man als Schaltplan verwenden kann.

Das Anordnen und Verbinden von Nanopartikeln ist nur ein Aspekt, mit dem sich Stemmer befasst. Darüber hinaus sucht er auch nach Wegen, wie man die Funktionsweise dieser enorm kleinen Strukturen sichtbar machen könnte. Wo genau fliessen die Ladungsträger hindurch? Wo bleiben sie hängen? Und wie ist die Spannungsverteilung in diesen Strukturen? Es gibt theoretische Modelle, um diese Fragen zu beantworten. «Ob die Berechnungen mit der Realität übereinstimmen, lässt sich heute mit Messungen noch kaum belegen», gibt Stemmer zu bedenken. Gerade das wäre jedoch wichtig. Denn nur, wenn man die Vorgänge genau versteht, kann man längerfristig elektronische Bauteile im Nanometermassstab schaffen, die tatsächlich so funktionieren, wie sie sollten.

Das Standardgerät, das Stemmer bei seinen Untersuchungen verwendet, ist das Rasterkraftmikroskop. Doch selbst dieses ausgeklügelte Messgerät ist eigentlich immer noch viel zu grob, um die Vorgänge in den feinen Strukturen zu erfassen. Stemmer ist deshalb laufend damit beschäftigt, die Apparaturen weiter zu verbessern und die Grenzen des Messbaren auszuweiten. «Als Doktorand und Postdoc habe ich früher meine Messgeräte selber gebaut, weil man keine kaufen konnte», blickt er zurück. «Heute kann man zwar welche kaufen. Doch ich will immer wieder Sachen messen, die man mit kommerziellen Geräten noch nicht messen kann. So bin ich eben weiterhin in der Geräteentwicklung tätig.» Einige Neuerungen, die Stemmer in den letzten Jahren entwickelt hat, finden inzwischen in kommerziellen Rasterkraftmikroskopen ihre Anwendung. «Für mich als Physiker unter Ingenieuren ist es wichtig, dass ich nicht ‹nur› Grundlagenforschung mache, sondern dass man einen Teil meiner Arbeit bereits heute anwenden kann.»

## Hoher Preis für bessere Eigenschaften

Die modernen Laboreinrichtungen in Rüschlikon nutzt auch Vanessa Wood, Assistenzprofessorin im Departement Informationstechnologie und Elektrotechnik, für ihre Forschung. Die gebürtige Amerikanerin hat in Rüschlikon mehrere Doktorierende stationiert, die dort an neuartigen Materialien forschen. Der Zusammenarbeit mit den IBM-Forschenden kann auch Wood viel Positives abgewinnen: «Da wir die gleichen Geräte verwenden, können wir uns intensiv über Methoden und Prozesse austauschen», stellt sie fest.

Wood untersucht in ihrer Forschung unter anderem die optischen und elektrischen Eigenschaften von Nanomaterialien. Gewisse lichtabsorbierende Materialien nehmen als nanometergrosse Partikel Licht viel besser auf. Dies ist beispielsweise für den Bau von Photovoltaikzellen interessant. Der Vorteil wird allerdings mit einem hohen Preis erkauft: Die elektrische Leitfähigkeit ist bei den Nanomaterialien schlechter. Wood hat sich mit ihrer Gruppe deshalb angeschaut, wie der Ladungstransport verbessert werden könnte. Ein entscheidender Punkt für das ungünstige Verhalten sind offenbar Fallen auf der Oberfläche der Nanopartikel. Die Fallen entstehen, wenn sich die Partikel aus einer Lösung zu einem dünnen Film formen, der für den lichtabsorbierenden Teil der Solarzellen gebraucht wird. Die Fallen fangen Elektronen ein, und dadurch wird der Ladungstransport, der Elektronen benötigt, beeinträchtigt.

Wood hat mit ihrer Gruppe eine Technologie entwickelt, mit der sie die Anzahl der Fallen berechnen und das Verhalten der Elektronen in diesen Fallen genauer untersuchen kann. Sie kann damit auch messen, wie sich die Fallen verändern, wenn die Nanopartikel altern. «Für diese Experimente nutzten wir einen Ansatz, der ursprünglich in den 1970er-Jahren verwendet wurde, um das Verhalten von Halbleitermaterialien wie Silizium zu verstehen», berichtet Wood.

**Paradoxe Gegenspieler**

Mit ihrer Forschung wolle sie herauszufinden, wie das Potenzial der Nanomaterialien voll ausschöpft werden kann, erklärt sie. So auch bei Verbindungen, die unter Strom Licht aussenden und sich daher für den Bau von LEDs eignen. Ähnlich wie bei diesen Verbindungen ändern sich die optischen Eigenschaften, wenn man sie auf die Nanoskala verkleinert. Allerdings gelang es bisher nicht, mit diesen Materialien auch die Energieeffizienz der LEDs zu verbessern. Bisher dachte man, das Problem für die geringe Energieeffizienz liege beim Stromfluss, weil die Nanopartikel die Elektronen in ihrer Bewegung behindern und gleichzeitig mit Elektronen geladen werden. Woods Gruppe konnte nun zeigen, dass neben dem Stromfluss auch die Spannung ein Problem ist. Wenn man die Energiestruktur der Nanopartikel so verändert, dass die geladenen Nanopartikel die Lichtausbeute nicht mehr reduzieren, nimmt die Lichtausbeute paradoxerweise mit steigender Spannung ab. Unter dem Strich führen die Verbesserungen also nicht zu einer höheren Energieeffizienz. Nun, da Wood das Verhalten der Materialien besser versteht, will sie in einem nächsten Schritt Nanopartikel entwerfen, bei denen Spannung und Stromfluss nicht mehr als Gegenspieler wirken. ■

Professur für Nanotechnik:
**www.nano.mavt.ethz.ch →**

Labor für Nanoelektronik:
**www.lne.ethz.ch →**

Vanessa Wood sucht in ihrer Forschung nach Wegen, wie sich die elektrischen und optischen Eigenschaften von Nanomaterialien verbessern lassen.



# Das Geheimnis der Magnete

*Felix Würsten*

**Mit Hilfe der grossen Forschungsanlagen am PSI untersucht Laura Heyderman das Verhalten von strukturierten magnetischen Nanomaterialien, die sie mit lithografischen Methoden im Reinraum selber herstellt. Solche Materialien gelten als heisse Kandidaten für den Bau von kompakten und leistungsfähigen Speichermedien.**

Magnetische Materialien eignen sich hervorragend, um digitale Informationen zuverlässig und ohne Strom über lange Zeit hinweg zu speichern. Auf möglichst kleinem Raum mit möglichst wenig Energie möglichst viele Informationen speichern – so lässt sich das Ziel der Entwickler kurz zusammenfassen. Ähnlich wie bei den Prozessoren wurden in den letzten Jahren auch bei den Speichermedien gewaltige Fortschritte erzielt, so dass schon heute auf kleinstem Raum gewaltige Datenmengen abgelegt werden können. Nun setzen die Ingenieure der Speicherhersteller grosse Hoffnungen in neuartige Nanomaterialien, mit denen sie die Entwicklung der letzten Jahre fortsetzen wollen.

**Die Vorteile kombinieren**

Was es dazu braucht, untersucht Laura Heyderman mit ihrer Gruppe. Die Wissenschaftlerin, seit Anfang Jahr Professorin für Mesoskopische Systeme an der ETH Zürich und gleichzeitig wissenschaftliche Gruppenleiterin am PSI in Villigen, befasst sich im Detail mit dem Verhalten von magnetischen Materialien im Nanometermassstab. Ein Schwerpunkt ihrer Arbeit sind etwa neue Hybridmaterialien, die sie mit Hilfe von lithografischen Verfahren in den Reinräumen am PSI herstellt. Dabei werden Stoffe mit unterschiedlichen Eigenschaften so miteinander kombiniert, dass sich die jeweiligen Vorteile der beiden Partner ideal ergänzen. Eine Möglichkeit ist beispielsweise, ein piezoelektrisches Material mit einem ferromagnetischen zu verbinden. Legt man am piezoelektrischen Material eine Spannung an, verändert sich dessen Grösse. Heyderman hofft nun, dass sich durch die Grössenänderung des einen Materials die magnetische Ausrichtung des zweiten umkehren lässt. Dadurch könnte sie die im Magneten gespeicherte Information überschreiben.

**Weiche und harte Magnete**

Auch die Kombination von Materialien mit einer unterschiedlichen magnetischen Härte verspricht Vorteile. Ein so genannt harter Magnet – dazu gehören beispielsweise auch die Magnete, die man zuhause an den Kühlschrank heftet – hat den grossen Vorteil, dass er robust ist, die gespeicherten Informationen also dauerhaft konserviert. Allerdings lässt sich ein solcher Magnet nur schwer überschreiben. Bei weichen Magneten hingegen ist es gerade umgekehrt: Sie lassen sich einfach umschreiben, sind aber nicht so robust. Verbindet man nun die beiden Materialien, ergänzen sie sich ideal: Wird der weiche Magnet überschrieben, wird indirekt auch der harte Magnet umgepolt. Die Kombination der beiden Materialien führt also zu einem Datenspeicher, der sich leicht überschreiben lässt und dennoch Informationen dauerhaft behält.

Wie diese Umpolung in den winzig kleinen Strukturen genau abläuft, untersucht Heyderman mit schwerem Geschütz: Sie nutzt die Grossforschungsanlagen am PSI, um den Vorgängen in den Nanostrukturen auf die Spur zu kommen. Mit der Synchrotron Lichtquelle Schweiz (SLS) etwa verfügt sie über ein leistungsfähiges Röntgenmikroskop, mit dem sie die Abläufe im Detail untersucht. In Abständen von wenigen hundert Pikosekunden – also wenigen hundert Billionstel einer Sekunde – erfasst Heyderman heute den Zustand der Materialien. Mit dem Röntgenlaser SwissFEL, einer neuen Grossanlage am PSI, die 2016 in Betrieb gehen soll, will Heyderman die Vorgänge in den Magneten künftig noch genauer untersuchen, um so die Umpolung von magnetischen Strukturen Schritt für Schritt zu beobachten.

Mit den grossen Anlagen am PSI untersucht Heyderman auch Phänomene, deren konkrete Anwendung heute noch in ferner Zukunft liegt. Ein besonderes Augenmerk richtet sie auf die so genannten frustrierten Systeme. Dabei handelt es sich um Strukturen aus magnetischen Nanopartikeln, in denen die Pole der Magnete so angeordnet sind, dass es immer irgendwo zu einer Abstossung zwischen zwei gleichen Polen kommt. Da es in solchen Systemen immer verschiedene mögliche Zustände gibt, ergeben sich interessante Effekte, die für die Grundlagenforschung sehr spannend sind, erklärt Heyderman: «Von den frustrierten Systemen erhoffen wir uns neue Einsichten, wie sich magnetische Materialien verhalten, wenn sie von aussen durch elektrische oder magnetische Felder, durch Licht oder durch Wärme angeregt werden.» ■

Professur für Mesoskopische Systeme:
**www.mesosys.mat.ethz.ch →**

# Künstliche Zellen bauen

*Martina Märki*

**Die Zelle, die kleinste lebende Einheit von Organismen, erfüllt unzählige Aufgaben. Im Projekt Nanocell konstruieren Wissenschaftler künstliche Zellen, die gezielt bestimmte Aufgaben übernehmen sollen. «Staubsaugen» ist eine davon.**

Daniel Müller ist von Haus aus Physiker und baut Maschinen. Das Besondere daran: Seine Maschinen sind so winzig, dass sie in eine Zelle passen. Genauer gesagt: in eine künstliche Zelle. Die Bestandteile der Maschinen sind Moleküle, beispielsweise Proteine.

«Unser Vorbild ist die Natur», erläutert Müller, Professor für Bionanotechnologie am Departement Biosysteme (D-BSSE) der ETH Zürich in Basel. «Wir wollen die Vorgänge in Zellen genau verstehen, ahmen die Vorgänge nach und bauen sie schliesslich nach unseren Bedürfnissen neu.» Klingt einfach, ist in Wirklichkeit aber unglaublich kompliziert. Denn in einer natürlichen Zelle gibt es 100 000 verschiedene Proteine, die hochspezifische Aufgaben übernehmen. Man nennt sie auch molekulare Maschinen. Sie wirken beispielsweise als Rezeptoren und transportieren Stoffe oder Signale.

Eine Herausforderung für die Wissenschaftler besteht schon allein darin, die Vorgänge in der lebenden Zelle zu beobachten, denn das ist mit heutigen Methoden kaum möglich. Zwar können die Forschenden in vitro, das heisst im Reagenzglas, manche Vorgänge mit einzelnen aus der Zelle isolierten Proteinen nachvollziehen. Sie können diesen Proteinen auch mit sehr hochauflösender Mikroskopie bei der Arbeit zusehen. Doch die Komplexität der Vorgänge in einer lebenden Zelle mit all ihren Einflüssen und Rückkoppelungsmechanismen lässt sich so nicht nachvollziehen. Denn eine lebende Zelle ändert ihren Zustand ständig. Und damit ändert sich auch der Zustand der molekularen Maschinen. Eines der Ziele von Müllers Forschungsgruppe am D-BSSE besteht deshalb darin, neue Methoden zu entwickeln, mit deren Hilfe sie genau beschreiben kann, wie die Zelle ihre molekularen Maschinen reguliert. «Wenn wir wissen, wie diese molekularen Maschinen reguliert werden, haben wir viel erreicht», sagt Müller, «denn dann können wir in einem weiteren Schritt die Zelle und ihre molekularen Maschinen auch gezielt beeinflussen.»

## Bakterien abgeschaut

Doch Müller und seine Forschungspartner im von der EU unterstützten Projekt Nanocell gehen einen Schritt weiter. Sie haben sich zum Ziel gesetzt, molekulare Maschinen zu konstruieren, die man wie Bausteine in eine künstliche Zelle einsetzen kann. Dort sollen sie kontrolliert Aufgaben ausführen, die es so in der Natur nicht gibt. Am ambitionierten Vorhaben sind Forschende des D-BSSE, der Universitäten Basel und Bern, der Max-Planck-Institute Frankfurt und Göttingen, der Oxford University und aus Madrid beteiligt.

Aus der Natur nahmen sich die Forscher unter anderem einen Mechanismus zum Vorbild, mit dessen Hilfe beispielsweise bestimmte Bakterien, Salz- oder Halobakterien genannt, Energie gewinnen. Dabei spielt das Protein Bacteriorhodopsin eine wichtige Rolle. Das Protein ist in der Zellmembran der Halobakterien zu finden, die mit seiner Hilfe Licht in Energie umwandeln. Es wirkt dabei als eine von Lichtenergie getriebene molekulare Maschine, die Protonen pumpt. In einem mehrstufigen chemischen Prozess, der durch Licht initiiert wird, werden Protonen von einer Seite der Zellmembran zur anderen transportiert.

## Die Nanozelle als Staubsauger

«Ähnliche lichtgetriebene Protonenpumpen findet man überall», sagt Müller. Das Interessante daran: In der Natur gibt es ganz verschiedene lichtgetriebene Pumpen, die jeweils auf spezifische Lichtfrequenzen reagieren. Und es gibt dazu fast 1000 verschiedene Transporter, die hochspezifische Moleküle aufnehmen und mit Hilfe der Protonen transportieren können. Daraus entstand laut Müller die Grundidee von Nanocell: «Wir bauen eine Art lichtgetriebenen Staubsauger auf Nanogrösse», umschreibt er das zentrale Prinzip.

Die Nanozelle, also die künstliche Zelle, besteht aus einem winzigen Bläschen, einem etwa 50 bis 200 Nanometer kleinen Lipid-Vesikel. In dessen Membran sind die Proteine eingebaut, die als lichtgetriebene Protonenpumpen wirken. Je nachdem, welche Stoffe transportiert werden sollen, wollen die Forscher die entsprechende Protonenpumpe mit einem passenden Transporter kombinieren. Wird das Modul der geeigneten Lichtfrequenz ausgesetzt, kommt die Protonenpumpe in Gang, nimmt die entsprechenden Stoffe aus der Umwelt auf und transportiert sie ins Innere der Zelle, wo sie eingelagert werden. «Wir können damit quasi die Umwelt reinigen», erklärt Müller. «Unsere Nanozelle könnte beispielsweise Giftstoffe aus dem Blut oder aus einer Kläranlage aufnehmen.» Kombiniert man sie mit einem magnetischen Nanopartikel, liesse sich die Zelle samt Giftstoff einfach mit einem Magneten einsammeln und entsorgen. Im Labor funktionieren die molekularen Maschinen und Bauteile des lichtgetriebenen Nanostaubsaugers bereits.

Mit Hilfe der Einzelmolekül-Kraftspektroskopie kann Daniel Müller die chemisch-physikalischen Wechselwirkungen von einzelnen Proteinen messen. Die Messarbeiten übernimmt der kleine grüne Roboter im Bildhintergrund.

## Auf dem Weg zur Nanofabrik

Vorstellbar ist auch der umgekehrte Vorgang. Wirkstoffe könnten mit Hilfe einer Protonenpumpe aus dem Zellinneren heraustransportiert und gezielt ausgesetzt werden. An diesem Prinzip arbeiten die Forscher gerade.

Die einfachste Variante macht bereits äusserst spannende Anwendungen denkbar: Nanozellen werden mit medizinischen Wirkstoffen gefüllt und in den Körper von Patienten injiziert. Der Arzt kann sie mit einer speziellen Lichtfrequenz bestrahlen, was die Protonenpumpe in Gang und die Wirkstoffe freisetzt.

Der Ehrgeiz der Forscher geht aber noch weiter, wie Müller ausführt: «Wir können mittels Protonenpumpen und protonengetriebener Transporter Chemikalien in die Zelle hinein- oder herauspumpen. Nun könnten wir im Innern der Zelle eine minimale biochemische Reaktionskette einbauen.» Die Reaktionskette nimmt die Chemikalien auf und synthetisiert daraus lokal den benötigten Wirkstoff bedarfsgerecht an Ort und Stelle; Insulin zum Beispiel. «Man könnte die Vesikel im Blut eines Patienten lassen, und immer, wenn Insulin fehlt, die Produktion mit Licht anschalten», so Müller.

Denkbar wären schliesslich ganze Produktionsketten aus aneinandergereihten Nanozellen mit unterschiedlichen Funktionen – eine ganze Nanofabrik sozusagen. Doch das ist definitiv noch Zukunftsmusik. Derzeit arbeiten die Forscher mit vier bis sechs Proteinen. Hunderte verschiedene massgeschneiderte Nanozellen mit den entsprechenden Proteinen und Funktionen quasi aus dem Regal liefern zu können – das ist das Fernziel: ein Baukasten, der molekulare Fabriken massgeschneidert nach Wunsch liefert. Die Wissenschaftler haben auch bereits einen Namen dafür: Molecular Systems Engineering. Einen Antrag zur Bildung eines entsprechenden Nationalen Forschungsschwerpunkts haben sie gerade beim Schweizerischen Nationalfonds eingereicht. ■

Projekt Nanocell:
**www.bsse.ethz.ch//bpl/research/systems/nanocell →**

# Die Nanodetektive

*Christine Heidemann*

**Detlef Günther und seine Forschungsgruppe für Spurenelement- und Mikroanalytik sind die Detektive unter den Nanowissenschaftlern. Mit ihren ausgeklügelten Analysenmethoden kommen sie selbst feinsten Partikelkonzentrationen auf die Spur. Doch damit sind sie noch lange nicht am Ziel, wie der ETH-Experte verrät.**

«Das können wir besser», dachte sich Detlef Günther, als er 2004 mit ETH-Kollegen an einer Konferenz über Nanorisiken teilnahm. Damals berichteten Experten unter anderem über Inhalationsexperimente mit Mäusen, mit denen sie die gesundheitlichen Auswirkungen von Nanopartikeln auf die Atemwege testeten.

Die Bedingungen, unter denen diese Versuche stattfanden und was sie letztlich aussagten beziehungsweise nicht aussagten, hatten mit realen Szenarios nichts tun und entfachten den Ehrgeiz des ETH-Forschers. «Solche Versuche müssten doch unter physiologisch relevanteren Bedingungen möglich sein», war der Professor für Spurenelement- und Mikroanalytik der ETH Zürich überzeugt.

Gemeinsam mit Wendelin Stark, Professor am Institut für Chemie- und Bioingenieurwissenschaften der ETH, sowie Forschern der Universität Bern untersuchte er sodann mit einem neu entwickelten Verfahren und speziellen Kulturen von Lungenzellen, was passiert, wenn Ceriumoxid-Nanopartikel eingeatmet und auf der Lungenoberfläche abgelagert werden. Ceriumoxid ist ein ultrafeines Schleifmittel für Computerbauteile und Glaslinsen. Es ist aber auch als Grundbestandteil von Autokatalysatoren und Dieselrussfiltern weit verbreitet.

Es folgten weitere Studien, in denen Günther und Stark dem Verbleib von Ceriumoxid-Nanopartikeln in Nahrungspflanzen und, zusammen mit Stefanie Hellweg, Professorin am Institut für Umweltingenieurwissenschaften der ETH, in Müllverbrennungsanlagen nachspürten. Dabei sprühten sie die Partikel, wie schon zuvor auf die Lungenzellen, gezielt auf Maispflanzen und Müll. «Bei den Versuchen haben wir jeweils nach den kleinsten Konzentrationen gesucht, die wir nachweisen konnten», sagt Detlef Günther. Heute liegt diese Nachweisgrenze bei einem Pikogramm, also einem Billionstel Gramm, pro Liter.

Die Ergebnisse der Studien lieferten zwar keinen akuten Grund zur Besorgnis, jedoch wertvolle Hinweise, wie sich Nanopartikel in der Umwelt verhalten. Und sie spornten die Forscher an, weiter in die Nanowelt vorzustossen, um künftig noch mehr Informationen aus noch kleineren Proben herauszuholen.

## Hälfte der Partikel gefunden

Zwar war es für die Forscher schon ein riesiger Erfolg, dass sie den Prozess und damit den Verbleib der Nanopartikel etwa in der Asche des verbrannten Mülls überhaupt verfolgen konnten. Immerhin fanden sie von den zehn Kilogramm Ceriumoxid-Nanopartikeln, die sie auf den Müll einer Solothurner Verbrennungsanlage versprüht hatten, knapp die Hälfte am Ende in der Asche wieder. «Fantastisch wäre es jedoch, wenn wir nicht nur die Partikelkonzentration, den so genannten Bulk, bestimmen könnten, sondern am Ende sogar sagen könnten, wie viele Nanopartikel genau in einer bestimmten Menge Asche drin stecken und wie gross die einzelnen Partikel sind.»

Eine solche individuelle Nanoanalyse ist eine enorme Herausforderung – selbst mit einer der zurzeit besten Analysemethoden: der induktiv gekoppelten Plasma-Massenspektrometrie (ICP-MS). Vereinfacht ausgedrückt schiessen die Forscher dabei die zu untersuchende Probe in ein heisses, hochfrequentes Plasma. Dadurch werden die Atome in der Probe angeregt und ionisiert und die so erzeugten Ionen schliesslich in einem Massenspektrometer analysiert.

## «Ballmaschine» für Nanopartikel

Zurzeit brauchen Günther und sein Team mindestens 1000 Atome, um ein Ion im Plasma zu generieren. Um wirklich aussagekräftige Resultate zu erzielen sogar bis zu 20 000. Das heisst: Die Partikel müssen eine bestimmte Grösse haben, damit überhaupt genügend Atome angeregt und ionisiert werden können.

Um jedoch immer weiter in den Nanokosmos vorzudringen und selbst winzigste Nanopartikel einzeln nachweisen zu können, muss die Anzahl der notwendigen Atome, die für eine Analyse notwendig sind, deutlich sinken. «Die Methode muss also weiterentwickelt werden, damit wir noch empfindlicher messen können.»

Die ersten Schritte hin zur individuellen Nanoanalyse haben die Zürcher Wissenschaftler bereits geschafft. Dazu mussten sie sich allerdings einen Trick einfallen lassen, damit sie überhaupt einzelne Nanopartikel ins Plasma hineinkriegen.

Die Lösung fand eine Doktorandin aus Günthers Gruppe in einer Art «Ballmaschine» für Nanopartikel. Das Prinzip: Aus einer kleinen Lochblende schiesst die «Nanoballmaschine» die in feine Tröpfchen verpackten Partikel einzeln ins Plasma. Dort werden sie möglichst schnell in Helium getrocknet, damit sie mit den schweren Tröpfchen nicht hinunterfallen. Daraufhin fliegen die Nanopartikel ins Massenspektrometer, wo sie je nach Art und Grösse bestimmte Signale erzeugen, die die Forscher dann analysieren können. «Dieser im Grunde ganz einfache Prozess einer ‹Ballmaschine› ist gar nicht so trivial und wir haben eine ganze Weile gebraucht, bis wir die zwei Einführungssysteme für grosse und kleine Tröpfchen fertig hatten.»

Zusätzlich wurde in Günthers Gruppe gemeinsam mit der Thuner Firma Tofwerk ein Gerät entwickelt, das noch mehr kann: «Mit unserem ICP-TOF-Massenspektrometer können wir nicht nur ein einziges chemisches Element messen, sondern fast alle Elemente simultan», so der Wissenschaftler. Und das alle 33 Mikrosekunden. «Vielfachdetektion» nennen das die Experten.

Die Nachfrage nach den von den ETH-Forschern entwickelten Geräten ist gross und die Anwendungsmöglichkeiten in Chemie, Materialwissenschaften, Umweltwissenschaften und Geologie sind laut Detlef Günther vielfältig. Doch auch Medizinern könnte das Verfahren künftig zu ganz neuen Einsichten verhelfen – etwa indem mit ihm winzigste Strukturen einer Zelle analysiert werden. Dies könnte die Diagnose von Krankheiten verbessern.

«Bis 2030, wenn ich in Rente gehe, hoffe ich, dass wir mit unserem Verfahren Partikel im Bereich von drei bis fünf Nanometern nachweisen können und Imaging im Nanobereich möglich sein wird», sagt der engagierte analytische Chemiker. «Das wäre ein echter Kick.» ■

Gruppe für Spurenelement- und Mikroanalytik:
**www.analytica.ethz.ch →**

Doktorandin Olga Borovinskaya und Detlef Günther mit dem neu entwickelten induktiv gekoppelten Plasma-Massenspektrometer ICP-TOFMS. Damit können die Forscher Einzelpartikel fast aller chemischen Elemente einer Untersuchungsprobe simultan messen – und das alle 33 Mikrosekunden.

Zoom

In dieser alten Fabrik in der chinesischen Provinz Zhejiang werden Bambushalme zu Baustoffen verleimt. Eine Inspiration für Dirk Hebels Forschung zu Bambuskompositen für die Betonarmierung.

Future Cities Laboratory

# Bambus – stahlharter Eisenersatz für die Tropen

*Samuel Schlaefli*

**Bambus wächst schnell, ist in tropischen Ländern weit verbreitet, und einige Arten haben eine höhere Zugfestigkeit als Stahl. Für die Städte des Südens wären Bambuskomposite eine ideale Alternative zu importiertem Baustahl. Daran arbeitet das Future Cities Laboratory in Singapur.**

Dirk Hebel hat hautnah erlebt, was es heisst, wenn Länder am Tropf von importierten Baumaterialien hängen. An seinem früheren Arbeitsort in Äthiopien liefen die Kosten für den sozialen Wohnungsbau, der Hunderttausenden ein Dach über dem Kopf bieten sollte, wegen teurer Zement- und Stahlimporte komplett aus dem Ruder. «80 Prozent des weltweiten Baustahls werden in Entwicklungs- und Schwellenländern nachgefragt, aber nur 20 Prozent dort produziert», erzählt Hebel. «Ein enormes strukturelles Ungleichgewicht!» So verfolgte er das Ziel, lokal verfügbare Baumaterialien zu rehabilitieren. Etwa Lehm, in Form von Backsteinen, um den teuren Zement zu ersetzen.

Vor eineinhalb Jahren wechselte Hebel als Assistenzprofessor ans Future Cities Laboratory (FCL) nach Singapur. Hier machte er sich auf die Suche nach einer Alternative für den zweiten grossen Kostentreiber: den Baustahl. Er stiess auf Bambus mit seinen faszinierenden Eigenschaften: Bambus ist kein Baum, sondern ein Gras, er schiesst rasant in die Höhe, erneuert sich alle fünf Jahre, wächst über Jahrzehnte nach und bindet dabei grosse Mengen von klimaschädlichem Kohlendioxid. Weiterer Vorteil: Es gibt genug davon. Singapur liegt mitten in einem weltumspannenden Band, das weite Teile Asiens, Afrikas und Südamerikas umfasst. Darin sind 36 Millionen Hektaren Bambusvorkommen vorhanden. Alleine die Bestände in Südostasien reichen laut Hebel, um die dortige Nachfrage nach Baustahl bei Weitem abzudecken.

## Bambusbaustoffe neu erdacht

Das Interesse für Bambus ist nicht neu: Über Jahrhunderte wurden unbehandelte Halme für den Bau einfacher Hütten und Brücken verbaut. In den 50er- und 60er-Jahren setzten Architekten in den USA und in Brasilien das Gras erstmals zur Armierung von Beton ein. Dies in erster Linie wegen seiner ausserordentlichen Zugfestigkeit, also der Fähigkeit, horizontale Zugkräfte auszuhalten. In Tests schlagen bestimmte Bambusarten diesbezüglich sogar den Baustahl. Was zu Beginn vielversprechend aussah, endete katastrophal: Die Bambusstrünke zogen Wasser vom Beton, quollen auf und schrumpften beim Austrocknen wieder. Im Beton bildeten sich Risse und Hohlräume; die Bauten stürzten ein, und die Forschung zur Bambusarmierung kam zum Erliegen. Trotzdem ist Hebel vom Potenzial überzeugt: «Wir müssen uns Bambusbaumaterialien einfach komplett neu denken.» Dafür gründete er in Singapur das Advanced Fiber Composite Laboratory. Seine Idee: Den Bambus nicht in seiner natürlichen Form verwenden, sondern als Komposit; also als Teil eines Mehrkomponenten-Baustoffs. In China hat man damit bereits in den 90er-Jahren begonnen. Komposite werden dort zu Bodenbelägen und Küchenabdeckungen verarbeitet. Heute deckt das Land 80 Prozent des 500 Millionen US-Dollar-Weltmarkts für industrielle Bambusprodukte.

Um Bambus auch für tragende Elemente zu nutzen, sind aber neue Verfahren nötig, die die Zellstruktur und damit die Zugfestigkeit des Bambus bei der Herstellung von Kompositen schonen. Genau daran forschen Hebel und sein Team: Die Bambusstämme werden im Labor erst maschinell in Faserbündel vom Umfang eines Zahnstochers gespalten. Anschliessend muss der Zucker in der Biomasse zersetzt werden, um den späteren Baustoff vor Bakterienbefall zu schützen. Die Fäden werden dann mit Kleber benetzt, abgetropft und unter Druck bei 60 bis 70 °C in eine Form gepresst. Wichtig dabei: Sämtliche Poren des Materials müssen verschlossen und gegen Wasserabsorption geschützt werden. Aus der Presse kommt ein Komposit, das mit 1,3 Gramm pro Quadratzentimeter doppelt so dicht ist wie natürlicher Bambus und bezogen auf seine Zugfestigkeit viermal leichter als Stahl. Antibakteriell und wasserabweisend – so eignet sich das Material für die Betonarmierung.

Hebels Forschung kommt gut an: Soeben hat er einen Innovationspreis des Staats Singapur erhalten, mit dem er sein Team um einen Chemiker und einen Materialwissenschafter erweitert. Zugleich wird das Labor mit Maschinen für die Kompositproduktion und für Stabilitätstests ausgebaut. Und um den idealen Kleber für das Komposit zu finden, ging er eine Kooperation mit einem führenden Polymerhersteller ein.

## Süd-Süd-Kooperation

Von den weltweit 1400 Bambussorten mit ihren unterschiedlichen Eigenschaften, konzentriert sich das Labor zunächst auf die gängigsten Sorten Asiens. Die am FCL entwickelte Technologie soll jedoch am Ende allen Ländern des tropischen Gürtels zugute kommen und über Süd-Süd-Kooperationen popularisiert werden.

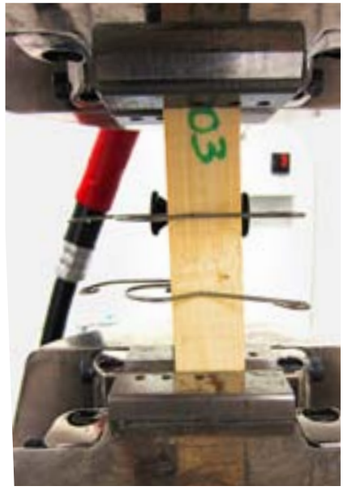
Hebel geht davon aus, dass die Grundlagenforschung im Labor in zwei bis drei Jahren abgeschlossen sein wird; für Sicherheitsprüfungen und Zertifizierungen rechnet er mit weiteren zwei Jahren. Dann soll eine Art «Baukasten» mit einfachen Anleitungen und günstigen Maschinen bereitstehen. «Wir wollen kein Luxusbaumaterial für Spezialanwendungen», erklärt Hebel. «Die Kompositherstellung und Betonarmierung muss so einfach sein, dass sie an Orten mit grossen Bambusbeständen gelernt und betrieben werden kann.»

## Dezentrale Produktion

Die damit einhergehende Dezentralisierung der Fabrikation böte langfristig eine Alternative zum verheerenden Import-Export-Verhältnis heute gängiger Baumaterialien. Zugleich würde sie die Gefahr etwas eindämmen, dass die Bambusproduktion bei grosser Nachfrage beginnt, die Agrikultur und Nahrungsmittelproduktion zu konkurrieren. Und noch etwas ist Hebel wichtig: «Wir müssen unbedingt verhindern, dass Profiteure beginnen, ähnliche Materialien minderer Qualität als Baustoff zu verkaufen.» Deshalb muss die Qualität bei der Kompositproduktion gesichert werden. Darüber hinaus sind auch Sicherheitsvorkehrungen für den Bau nötig. Denn anders als beim Stahl, der sich bei Ermüdung langsam zu verbiegen beginnt, fehlt dem Bambus dieses Fliessverhalten. Er bricht von einem Moment auf den anderen entzwei.

Bald schon sollen Prototypen von Bambuskompositen im Projekt «Tropical Town» in Indonesien getestet werden. Dort plant derzeit eine Gruppe Forscher des FCL, der Universität Singapur und Indonesien gemeinsam mit privaten und staatlichen Akteuren einen neuen Typus von nachhaltigem sozialem Wohnungsbau. Die erste solche Siedlung soll auf der Insel Batam entstehen; getragen vom lokalen Bambus der dortigen Wälder. ■

Chair of Architecture and Construction:
**www.hebel.arch.ethz.ch →**




Im Advanced Fiber Composite Laboratory in Singapur werden die Bambuskomposite unter anderem auf Zugfestigkeit geprüft.

Die Philippinen gehören zu den potenziellen Schwerpunktländern, mit denen die ETH künftig verstärkt zusammenarbeiten könnte. In einer bereits bestehenden Forschungskooperation suchen die Wissenschaftler nach Möglichkeiten, wie sie die Zinkaufnahme in Reispflanzen verbessern können.

**Bilaterale Zusammenarbeit**

# Schweizer Wissenschafts-botschafterin in Asien

*Interview: Christine Heidemann*

**Die ETH Zürich bleibt auch in den kommenden Jahren das «Leading House» für die bilaterale Forschungszusammenarbeit mit China, Südkorea und Japan. Doch mit der neuen Leistungsvereinbarung 2013–2016, die der Bund mit der ETH Zürich im Februar dieses Jahres geschlossen hat, ändert sich der Auftrag der Hochschule in Asien. Jürg Brunnschweiler, Leiter der Stabsstelle ETH Global, spricht über die künftigen Aufgaben.**

*Herr Brunnschweiler, was ändert sich konkret mit der Leistungsvereinbarung 2013–2016?*

Der Kern unseres Auftrags ist nicht mehr die bilaterale Projektförderung in Form sogenannter Joint Research Projects, die in Zukunft über den SNF abgewickelt werden, sondern die strategische Weiterentwicklung der Zusammenarbeit mit Ländern im Raum Asien-Pazifik.

*Das heisst, die ETH Zürich übernimmt künftig eher eine Art Beraterrolle?*

Unsere Aufgabe wird es sein, den Bund in der Zusammenarbeit mit China, Japan und Südkorea – den drei bestehenden Schwerpunktländern – zu unterstützen. Neu dazu kommt der Auftrag, weitere Länder, Regionen und Institutionen im asiatisch-pazifischen Raum zu identifizieren, die ein grosses Forschungs- und Entwicklungspotenzial aufweisen und damit für die Schweiz und speziell auch für die ETH Zürich interessant sein könnten.

*Gibt es schon mögliche Kandidaten für zukünftige Schwerpunktländer?*

Indonesien ist sicherlich ein Kandidat. Aber auch die Philippinen, Hongkong oder Taiwan sind interessant. Doch in einem ersten Schritt geht es um eine Bestandesaufnahme und Bedürfnisabklärung. Wir laden die Schweizer Stakeholder, also die Universitäten, Fachhochschulen und Pädagogischen Hochschulen, zu einer Auslegeordnung ein. Auch um zu erfahren, wo schon Kontakte bestehen und wie die Zusammenarbeit funktioniert. Denn es gilt, die bestehende Hochschullandschaft in einem Land zu kartieren und zu verstehen, wie mögliche Partnerländer strukturiert sind und funktionieren. Wir können beispielsweise von der Schweiz nicht einfach nach Indonesien gehen und fragen: Habt ihr Interesse an einer Zusammenarbeit?

*Wie gehen Sie stattdessen vor?*

Wir müssen in solchen Ländern Strukturen identifizieren, die für eine längerfristige bilaterale Zusammenarbeit vorteilhaft sind. Dabei geht es nicht nur um Geld. Interessant ist beispielsweise auch der Zugang zu guten Forschenden oder zur Infrastruktur. So wird etwa in Hongkong ein grosser Technologiepark aufgebaut. Wenn wir uns dort gut positionieren, dann eröffnen wir unseren Forschern Möglichkeiten, die sie sonst vielleicht nicht so einfach hätten.

*Mit China besteht eine langjährige Zusammenarbeit. Braucht dieses Land überhaupt noch die Unterstützung des Staatssekretariates für Bildung, Forschung und Innovation?*

Ich denke, die Zusammenarbeit mit China ist mittlerweile sehr gut etabliert und es braucht die bisherige Projektförderung mit Mitteln des Bundes nicht mehr zwingend. Andererseits gibt es sicherlich thematische Gebiete, die von einer Unterstützung durch das bilaterale Programm auch in Zukunft profitieren können. Auch kleinere Instrumente wie beispielsweise Symposien zur Identifizierung gemeinsamer Forschungsinteressen können wertvoll sein. Unsere Aufgabe wird es sein, thematische Schwerpunkte zu identifizieren. Oder mithelfen, Plattformen aufzubauen, die auch von der Grösse her gut zur Schweiz passen.

*Etwa in der Grössenordnung von Singapur, wo die ETH mit dem Singapore-ETH Centre for Global Environmental Sustainability (SEC) ja sehr erfolgreich vertreten ist?*

Bezüglich Einwohnerzahl und Stabilität ist Singapur mit der Schweiz vergleichbar. Das ist sicherlich ein Grund dafür, dass sich das SEC so schnell zu einem Erfolgsmodell entwickelt hat, das in der ganzen Welt auf Resonanz stösst. Wir bekommen immer wieder Anfragen von Interessenten, die mit uns ein zweites «Singapur-Projekt» in ihrem Land verwirklichen wollen. Doch dazu fehlen uns die Ressourcen. Denn es braucht immer und in erster Linie Professorinnen und Professoren sowie Forschende der ETH Zürich, die bereit sind, ein solches Projekt im Ausland aufzubauen und voranzutreiben.

*Warum konzentriert sich die ETH gerade auf Asien?*

Um unsere Position als eine der weltweit führenden technisch-naturwissenschaftlichen Hochschulen zu halten und zu verbessern, ist es für uns entscheidend, international vernetzt zu sein. Dies ist Voraussetzung dafür, dass die ETH Zürich für die besten Köpfe dieser Welt ein attraktiver Ausbildungs- und Forschungsplatz bleibt. Allerdings ist die globale Verknüpfung einer Hochschule auf institutioneller Ebene mit grossem Aufwand verbunden. Es gilt also, die Kräfte und Ressourcen richtig einzuteilen. Ausserhalb Nordamerikas und Europas ist Asien der für die nächsten Jahre klar attraktivste Markt. Auch wissen wir, beispielsweise aus dem Times Higher Education World Reputation Ranking, dass wir bezüglich Reputation in Asien, im Gegensatz zu Nordamerika und Europa, noch zulegen können. Aber selbstverständlich verfolgen wir auch intensiv, wie sich Afrika und Lateinamerika bezüglich Bildung, Forschung und Innovation entwickeln.

*Gilt die Ausrichtung nach Asien auch für die Professorinnen und Professoren der ETH Zürich?*

Da muss man ganz klar unterscheiden. Wenn ich über das internationale Engagement der ETH Zürich spreche, meine ich immer die Ebene Institution und nicht einzelne Professuren. Jede Professorin, jeder Professor darf mit Kolleginnen und Kollegen auf der ganzen Welt zusammenarbeiten. Da reden wir niemandem rein, im Gegenteil. Andererseits können wir auf institutioneller Ebene die Zusammenarbeit mit neuen Partnern unterstützen, indem wir interessante Möglichkeiten aufzeigen und Türen öffnen. Das ist besonders dann sinnvoll, wenn bereits Interesse von Seiten der Forschenden besteht. Denn letztlich sind es die Wissenschaftler, die einer Forschungszusammenarbeit zum Erfolg verhelfen. ■

Jürg Brunnschweiler leitet seit Oktober 2012 ETH Global. Diese Stabsstelle ist für die Umsetzung der globalen Strategie der ETH Zürich zuständig. Sie fördert internationale Partnerschaften in Forschung und Lehre und positioniert die ETH Zürich als führende Forschungsuniversität.

**www.global.ethz.ch/stc/index_DE →**

# Scientifica 13

Zürcher Wissenschaftstage

**31. August und 1. September 2013**
Hauptgebäude der Universität Zürich und der ETH Zürich, Museum focusTerra
Öffnungszeiten: Samstag 13 – 20 Uhr, Sonntag 11 – 17 Uhr

## Risiko – Was wir wann wagen

Welches Risiko habe ich, an Krebs zu erkranken? Bedroht der Klimawandel unsere Lebensgrundlagen? Kann man künftige Finanzkrisen verhindern?
Wie sieht Forschung zu solchen und anderen Risiken aus? Und wie verbessert sie die Entscheidungen, die wir treffen?

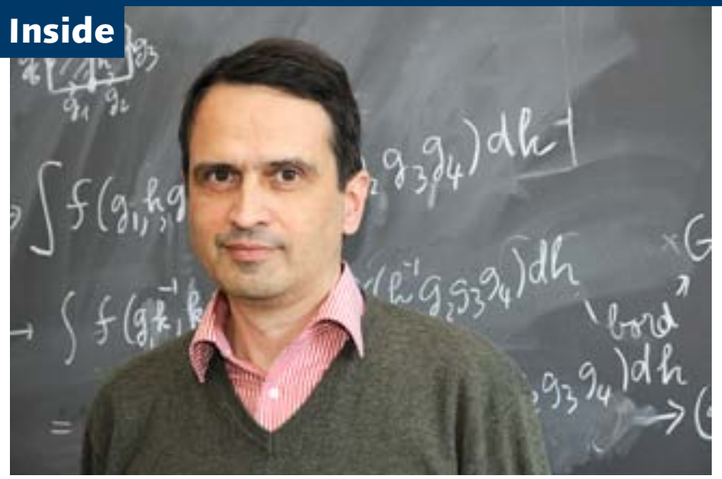
Erleben Sie an der Scientifica Forschung zum Anfassen, Kurzvorlesungen zum Mitdiskutieren und ein Bühnenprogramm zum Zuschauen und Staunen.

www.scientifica.ch

ETH Zürich

Universität Zürich[UZH]



ETH-Mathematikprofessor Giovanni Felder wird Direktor des neuen Instituts für Theoretische Studien.

**ETH-Institut für Theoretische Studien**

# 50-Millionen-Spende für Weltklasse-Treffpunkt

*Roman Klingler*

**Die ETH Zürich gründet ein neues Institut für Theoretische Studien, das Topwissenschaftler aus der ganzen Welt für Forschungsaufenthalte einlädt. Möglich wird dies durch zwei äusserst grosszügige Spenden von je 25 Millionen Franken.**

Die ETH Zürich hat seit ihren Anfängen grosse Theoretiker in den eigenen Reihen. Wissenschaftler wie Albert Einstein, Wolfgang Pauli, Hermann Weyl, Niklaus Wirth und viele mehr haben in Zürich die theoretischen Grundlagen in Physik, Chemie, Mathematik und Informatik erweitert und damit letztlich zu bedeutenden Innovationen beigetragen. Das neue ETH-Institut für Theoretische Studien (ETH-ITS) soll an diese Tradition anknüpfen und die ETH in ihren wissenschaftlichen Fundamenten stärken.

### Grösstmögliche Freiheit

Das ETH-ITS lädt Topwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler aus der Mathematik, den theoretischen Naturwissenschaften sowie der theoretischen Informatik ein und bietet ihnen einen Forschungsaufenthalt von bis zu einem Jahr an. Die vier bis sechs «Senior Fellows» sollen in grösstmöglicher Freiheit ihrer Forschung nachgehen. Daneben können sich auch jüngere herausragende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler für einen Aufenthalt am Institut bewerben. Im Austausch mit ETH-Wissenschaftlern entsteht so ein Weltklasse-Treffpunkt für Forschende.

Direktor des neuen Instituts ist Giovanni Felder, seit 1996 ordentlicher Professor für Mathematik an der ETH Zürich. Ihm steht ein wissenschaftlicher Beirat mit Vertretern der ETH Zürich und externen Wissenschaftlern zur Seite.

### Stärkung der Grundlagen

Schon seit mehreren Jahren investiert die ETH Zürich stark in interdisziplinäre Forschungszentren, oft in enger Zusammenarbeit mit Industrie und weiteren Partnern. Sie zielen darauf ab, neue Ansätze zu entwickeln, um drängende gesellschaftliche Fragen zu lösen.

Das neue Institut setzt hingegen am Anfang der wissenschaftlichen Wertschöpfungskette an. Die Pläne dafür verfolgte ETH-Präsident Ralph Eichler schon seit einiger Zeit. Nun fand die ETH Zürich Foundation zwei Gönner, die sich für die Idee begeistern liessen: Max Rössler und Martin Haefner als Vertreter der Walter-Haefner-Stiftung. Beide haben an der ETH Mathematik studiert und sind bis heute mit der ETH verbunden.

«Mit unserem Engagement möchten wir die Bestrebungen der ETH unterstützen, in der theoretischen Grundlagenforschung noch vermehrt die Massstäbe zu setzen», sagt Martin Haefner. Max Rössler ergänzt: «Die ETH hat mich stark geprägt. Es ist mir eine noble Verpflichtung, der Hochschule etwas zurückzugeben und mitzuhelfen, dass die ETH weiterhin die weltweit besten Talente anziehen und nachhaltig neue Impulse setzen kann.» ■

**Die Donatoren**

Die *Walter-Haefner-Stiftung* ist eine Förderstiftung der Familie von AMAG-Gründer Walter Haefner, die gemeinnützige Aktivitäten im wissenschaftlicher, kultureller oder karitativen Bereich unterstützt. Die Walter-Haefner-Stiftung hat bereits mehrmals die ETH Zürich über Donationen an die ETH Zürich Foundation unterstützt.

*Dr. Max Rössler* studierte an der ETH Mathematik und doktorierte 1966 an der ETH. Nach einem Forschungsaufenthalt an der Harvard University kehrte Max Rössler an die ETH zurück, wo er während rund zehn Jahren als Forscher und Lehrbeauftragter tätig war. Anschliessend wechselte er in die Privatindustrie. Bereits 2007 hatte er die ETH Zürich Foundation grosszügig unterstützt. Seit 2009 zeichnet die ETH Zürich jährlich eine herausragende junge Professorin oder einen Professor mit dem Rössler-Preis aus.

## Connected

Studierendenprojekt

### Luftschiff Skye eröffnet Science Festival in Boston

Grosser Auftritt für ETH-Studierende: Ihr Projekt Skye war die Hauptattraktion am diesjährigen Cambridge Science Festival in Boston. Zur Eröffnung der Wissenschaftsmesse schwebte das Luftschiff als grün leuchtender Fussball über die Ausstellung und verzauberte die Gäste. Swissnex Boston hatte das Skye-Team an Amerikas Ostküste eingeladen. Neben der Messe standen auch Besuche beim MIT und beim ETH Alumni New England Chapter auf dem Programm.

In Zürich ist Skye an der nächsten Scientifica vom 31. August und 1. September zu sehen.

www.projectskye.ch →

Meet the Talent

### Erleben, was Engagement bewirkt

Dicht an dicht drängten sich am 10. April in der Alumni-Lounge die Förderer des «Excellence Scholarship and Opportunity Program», um die über 40 anwesenden Talente persönlich kennen zu lernen, die mit einem solchen Leistungsstipendium ausgezeichnet wurden. In Präsentationen und im direkten Austausch mit den Studierenden aus aller Welt erfuhren die Förderer, was ihr Engagement bewirkt. Das Programm sei ein voller Erfolg, stellte ETH-Rektor Lino Guzzella in seiner Begrüssungsrede fest: Insgesamt 143 Excellence Scholars aus 35 Nationen, davon rund die Hälfte Frauen, erhielten bisher ein Masterstudium an der ETH Zürich finanziert.

ETH Global

### Universitäten als treibende Kraft in Afrika

Die wirtschaftliche Entwicklung, die Afrika in den letzten Jahren verzeichnete, wird zunehmend als Erfolgsgeschichte wahrgenommen. Russel Botman, Rektor der Stellenbosch University in Südafrika, hat am 22. Mai an der ETH Zürich dargelegt, welch entscheidende Rolle Universitäten für die Zukunft Afrikas spielen könnten. Um diese Rolle richtig wahrzunehmen, müssten die Universitäten auf dem afrikanischen Kontinent ihre Position stärken. Das bedeute, sich ganz in den Dienst der Gesellschaft zu stellen und Partnerschaften einzugehen – untereinander, aber auch mit Institutionen auf der ganzen Welt.

Digital Art Weeks

### Weltpremiere im Future Cities Laboratory

Mit den Digital Art Weeks (DAW) will das ETH-Departement Informatik eine Brücke zwischen Kunst und Wissenschaft schlagen. Die Idee dahinter: Der Austausch von Forschenden mit Künstlerinnen und Künstlern an Symposien, in Workshops und an kulturellen Veranstaltungen soll die Computerwissenschaften befruchten. An den diesjährigen DAW vom 6. bis 19. Mai in Singapur beteiligte sich auch das Future Cities Laboratory der ETH Zürich. Im Value Lab Asia wurde die Uraufführung des multimedialen Stücks «Miss Donnithorne's Maggot» gezeigt. Unter der Regie von Peter Richardson begeisterte die Mezzasopranistin Alison Wells das Publikum.

ETH-Alumnus Mathis Wackernagel

# Vermesser der Nachhaltigkeit

*Felix Würsten*

**Mit dem ökologischen Fussabdruck hat Mathis Wackernagel ein griffiges Mass für die Nachhaltigkeit entwickelt. Seither ist er weltweit unterwegs, um seine Idee zu verbreiten. Er versteht sich nicht als Missionar, sondern als Ingenieur, der sachlich das Offensichtliche anspricht.**

Sein eigener ökologischer Fussabdruck, daraus macht Mathis Wackernagel keinen Hehl, ist überdurchschnittlich gross. Im Büro isst er zwar mit seinen Mitarbeitenden vegetarisch, er fährt mit dem Velo zur Arbeit und lebt in einem zentral gelegenen Haus. Doch die vielen Flugreisen in alle Ecken der Welt bringen seine persönliche Ökobilanz völlig aus dem Lot. Gerade eben ist er aus den USA in die Schweiz gekommen, um hier an der ETH Zürich mit Studierenden über neue Ideen der Nachhaltigkeit zu debattieren.

Eingeladen hat ihn die Stabsstelle ETH Sustainability als Hauptreferent für die neue Reihe «Pioneers in Sustainability». Und ein Pionier der Nachhaltigkeit ist Wackernagel zweifellos, hat er doch zusammen mit seinem Doktorvater William Rees das bekannte Konzept des ökologischen Fussabdrucks entwickelt. Der ökologische Fussabdruck ist ein eingängiges Mass, inwieweit wir als Individuen, als Länder oder als Menschheit insgesamt innerhalb der Möglichkeiten der Natur leben. Er drückt aus, wie viel Fläche wir umgerechnet brauchen, um unseren Ressourcenbedarf zu decken. Die Idee ist so bestechend einfach, dass sich Wackernagels Mutter Sorgen machte, ihrem Sohn werde es bei der Doktorarbeit so ergehen wie seinem Onkel. Der fand nach zwei Jahren heraus, dass bereits jemand anderes das von ihm gewählte Thema bearbeitet hatte.

Die Befürchtungen der Mutter bestätigten sich nicht: Nachhaltigkeit so konkret in eine griffige Zahl zu fassen, auf die Idee war zuvor noch niemand gekommen. Und auch heute noch, stellt Wackernagel verwundert fest, gibt es nach wie vor Menschen, denen es scheinbar nicht einleuchtet, dass wir in einer physikalisch begrenzten Welt den Ressourcenverbrauch nicht beliebig steigern können. «Früher dachte ich immer, Betonbauten liessen sich nur schwer und langsam verändern, Ideen hingegen von einem Tag auf den anderen überdenken», blickt er zurück. «Heute sehe ich, dass es umgekehrt ist.»

Wie schwer es ist, Ideen und Einstellungen zu verändern, zeigen die konkreten Zahlen: Im Jahr 2012 erreichte die Menschheit am 22. August den so genannten Overshoot Day. An diesem Tag hatte die Weltbevölkerung alle Ressourcen aufgebraucht, welche die Erde in diesem Jahr erneuern konnte; danach zehrte sie bis zum Jahresende von

> «Es bringt nichts, wenn die Menschen ein schlechtes Gewissen haben.»
>
> Mathis Wackernagel

den ökologischen Reserven. Fünf Jahre zuvor erreichte die Menschheit den Overshoot Day erst am 6. Oktober, verbrauchte also deutlich weniger Reserven als heute.

Trotz dieser dramatischen Entwicklung macht Wackernagel im Gespräch keinen deprimierten Eindruck. Dies verdanke er einer gewissen Portion Autismus, meint er lachend. Nur zwischendurch ist etwas Sarkasmus zu spüren, wenn er sich selbst – mit Blick auf die vielen Preise, die er erhalten hat – als «preisgekrönten Pausenclown» bezeichnet. Obwohl Wackernagel alles andere als eitel ist, sind diese

Die Zeiten, als er sich als Doktorand ganz auf eine Sache konzentrieren konnte, sind lange vorbei. Heute ist Mathis Wackernagel als weltweit gefragter Nachhaltigkeitsexperte häufig auf Reisen.

Auszeichnungen wichtig für ihn. Denn sie verleihen seiner Organisation Global Footprint Network in Kalifornien mehr Glaubwürdigkeit und erhöhen den Bekanntheitsgrad. «Den Menschen reicht es nicht, dass ihnen eine Idee einleuchtet», stellt er fest. «Sie brauchen die Bestätigung von anderen, dass diese die Idee auch gut finden.»

Obwohl er als Nachhaltigkeitspionier ständig unterwegs ist und auf der ganzen Welt vor allen möglichen Gremien über den ökologischen Fussabdruck spricht, versteht sich Wackernagel nicht als Missionar. Vielmehr sieht er sich als Ingenieur, der einfach nüchtern feststellt, wie sehr wir heute über unseren Verhältnissen leben. «Das grösste Problem der Nachhaltigkeit ist, dass wir uns wie in der Sonntagsschule fühlen.» Doch mit dieser Haltung werde sich

> «Das Doktorat war eine wunderbare Zeit in meinem Leben.»
>
> Mathis Wackernagel

kaum etwas ändern. «Es bringt nichts, wenn die Leute ein schlechtes Gewissen haben.» Wackernagel geht es nicht um Moral, sondern um unsere eigenen Interessen. Was bedeutet es beispielsweise für die Schweiz, dass diese heute viermal mehr Fläche benötigt, als sie selber hat – und das in einer Welt, in der immer mehr Rohstoffe verbraucht werden und das Land im Vergleich zum Rest immer weniger verdient? «Für die Schweiz wird es immer kostspieliger, in der bisher bekannten Manier die Extraressourcen zu beschaffen», rechnet Wackernagel vor und fügt pointiert hinzu: «Welchen Plan hat die Schweiz in dieser Situation? Ich stelle fest: Sie hat keinen Plan.»

Dass die reale Welt – anders, als die Ideologie des ständigen Wachstums glauben machen will – beschränkt ist, mit diesem Gedanken beschäftigt sich Wackernagel schon seit Langem. Prägend für ihn waren in der Jugend nicht nur die Ferien auf dem Bauernhof, wo er die enge Verbindung zwischen Mensch und Natur kennen lernte, und die Erzählungen von Verwandten, die im Zweiten Weltkrieg Ressourcenmangel erlebt hatten, sondern auch die Ölkrise von 1973 und vor allem das Buch «Die Grenzen des Wachstums». «Mir wurde damals bewusst, dass wir aus der Ölwirtschaft aussteigen müssen», blickt er zurück. «Doch ich ahnte nicht, dass das so lange dauern würde.»

Die Erfahrungen der Jugend veranlassten ihn, an der ETH Maschinenbau zu studieren. «Ich dachte mir: Was sich die Menschen an Gesetzen und Vorstellungen ausgedacht haben, kann jederzeit zerfallen. Aber die Naturgesetze bleiben bestehen. Und wir werden immer Ingenieure brauchen, die diese Gesetze anwenden können.» Das Studium selbst fand er dann zwar nicht ganz so inspirierend, wie er sich das ursprünglich vorgestellt hatte. Doch die Veranstaltungen ausserhalb des Stundenplans, beispielsweise mit dem Philosophen Paul Feyerabend oder dem Geografen Theo Ginsburg, machten dieses Manko mehr als wett.

Nach dem Diplom wechselte er dank einem Stipendium der ETH nach Vancouver, wo er die Idee des ökologischen Fussabdrucks entwickelte. «Mein Doktorvater war Biologe, er hatte ein Verständnis für die Tragfähigkeit des Systems. Ich kam von der konzeptionellen, thermodynamischen Seite, und so ergänzten sich unsere Interessen ideal», sagt Wackernagel. Die Zeit als Doktorand sei für ihn eine der schönsten Erfahrungen gewesen. «Ich konnte mich völlig auf eine Frage konzentrieren, die mich interessierte, frei von allen anderen Verpflichtungen.» Im Gegensatz zu vielen seiner Kollegen, die seinem Empfinden nach einfach ein Thema bearbeiteten, um einen Doktortitel zu bekommen, habe er ein emotionales Verhältnis zu seinem Forschungsgegenstand gehabt.

Dieses innere Feuer hilft ihm noch heute, das Konzept des Fussabdrucks nach aussen zu tragen. Und zwischendurch erlebt er mit seiner unermüdlichen Vortragstätigkeit auch Erfolge, etwa wenn ihm die Direktoren der kolumbianischen Zentralbank zustimmen, die Biokapazität – also die Masseinheit für die Regenerierfähigkeit der Ökosysteme – sei letztlich die einzige Währung, die in der Realität abgestützt sei. «Von diesen Minierfolgen lebe ich emotional», meint er. «Aber wenn ich alles zusammenzähle, frage ich mich manchmal schon, was unsere Organisation wirklich bewegen kann. Wir sind 30 Leute, auf der Welt leben sieben Milliarden Menschen – da kann unser Einfluss nur beschränkt sein.» ■

**Zur Person**

Mathis Wackernagel, geboren 1962 in Basel, studierte an der ETH Zürich Maschinenbau und promovierte danach an der University of British Columbia in Vancouver in Stadt- und Regionalplanung. Während seiner Dissertation entwickelte er das Konzept des ökologischen Fussabdrucks. Danach arbeitete er mit verschiedenen Organisationen an Nachhaltigkeitsthemen in Europa, Lateinamerika, Nordamerika und Australien und gründete die Organisation Global Footprint Network in Oakland. Er hat zahlreiche Publikationen zu Nachhaltigkeitsthemen verfasst und Hunderte von Vorträgen gehalten. Er ist Ehrendoktor der Universität Bern und Gastprofessor an der Cornell University. 2012 erhielt er den «Blue Planet Prize», den weltweit prestigeträchtigsten Nachhaltigkeitspreis.



ETH STORE

Exklusive Artikel im ETH-Design

Flagship Store
Standort Zentrum
ML-Gebäude (Ecke Tannen-/Clausiusstrasse)
Montag bis Freitag 09.00 – 15.00 Uhr

Shop in Shop
Standort Hönggerberg
HPI-Gebäude (SAB-Shop/Polybuchhandlung)
Montag bis Freitag 08.00 – 18.00 Uhr
Samstag 11.00 – 16.00 Uhr

Online bestellen: www.eth-store.ch

1938

# Der Schweizer Wirtschaft den Puls fühlen

*Martina Märki*

**Kriegswirtschaft, Wirtschaftswunder, Finanzkrise – die KOF Konjunkturforschungsstelle der ETH hat alles erlebt. Seit 75 Jahren begleitet und analysiert sie die Auf und Abs der Schweizer Wirtschaft so beständig wie kaum eine andere Institution.**

Die Schweiz strampelte sich gerade mit grossen Mühen aus der Weltwirtschaftskrise frei, da wurde die Situation zusätzlich politisch ungemütlich. Am 12. März 1938 setzte Hitlerdeutschland mit dem Anschluss Österreichs ans Deutsche Reich erstmals seine Expansionsgelüste in die Praxis um. Der Zweite Weltkrieg stand vor der Tür.

### Ein Mann mit Beziehungen

Schweizer Unternehmer und Wirtschaftsführer blickten in eine unsichere Zukunft – kompetente Beratung war gefragt: Am 16. Mai 1938 gründeten schweizerische Wirtschaftskreise gemeinsam mit der ETH die Gesellschaft für Wirtschaftsforschung und daran angeschlossen das Institut für Wirtschaftsforschung, später KOF Konjunkturforschungsstelle. Leiter war Eugen Böhler, seit 1924 Professor für Nationalökonomie an der ETH. Er sollte die Geschicke der KOF bis 1964 prägen. Finanziert wurde das Unternehmen durch Beiträge von Wirtschaft, Bund und Auftragsarbeiten.

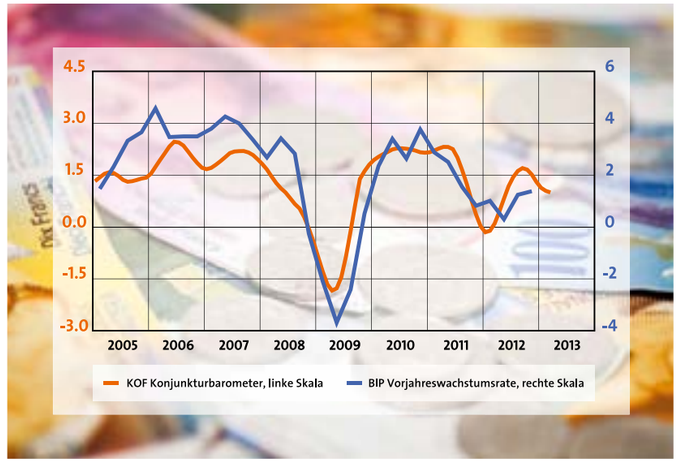
Die Anfänge der heutigen KOF waren klein, aber fein. Böhler verfasste Konjunkturberichte über Länder und Märkte, die er exklusiv den Unternehmen, die zur Gesellschaft für Konjunkturforschung gehörten, zur Verfügung stellte. Unterstützt von zwei Assistentinnen und zwei wissenschaftlichen Mitarbeitern war er die zentrale Figur. Seine erstklassigen Beziehungen zu Unternehmern hatte Böhler bereits 1937 mit der Gründung einer Erfahrungsaustauschgruppe für Konjunkturbeobachtung (ERFA), heute Wirtschaftsforum, gefestigt. Dieser Unternehmer-Thinktank traf sich mit ihm zu monatlichen Sitzungen und vertraulichem Meinungsaustausch. Besonders in den Kriegsjahren wurden zudem oft Regierungsprobleme diskutiert. Auch der Bundesrat zog Böhler als wirtschaftspolitischen Berater bei, so dass Böhler als ein wichtiges «Scharnier» zwischen Wirtschaft und Politik in den Kriegsjahren gelten kann. Die Sitzungen der ERFA-Gruppe, die rund 30 Unternehmer umfasste, waren so vertraulich, dass Termine und Teilnehmer zwar akribisch und lückenlos in Protokollen festgehalten sind, doch über die besprochenen Inhalte schweigen sich die Protokolle aus. Aus diesen persönlichen Treffen entstand die Urform der Konjunkturumfragen, die bis heute ein Markenzeichen der KOF sind.

### Mehr als blosse Tatsachen

Ab 1955 nämlich begannen Böhler und seine Mitarbeiter, den Unternehmern zur Vorbereitung der Treffen Fragebogen zuzustellen, die dann eingesammelt und von Hand ausgewertet wurden. Dabei war man nicht in erster Linie an objektiven Konjunkturdaten interessiert, sondern vor allem daran, wie die Wirtschaftsführer die Situation einschätzten, getreu dem Ziel Böhlers, «die konjunkturelle Tendenz zu bestimmen und nicht blosse Tatsachen zu berichten», wie er in einem Artikel zum 100-Jahr-Jubiläum der ETH schrieb. Ausserdem sollten die Konjunkturberichte so kurzfristig wie möglich erscheinen und «in der Praxis unmittelbar gelesen, verstanden und verwertet werden können». Manches prägt nach wie vor die Arbeit der KOF. Die monatlichen und vierteljährlichen Befragungen basieren heute allerdings auf ungleich grösseren Stichproben von über 11 000 befragten Unternehmen in der Schweiz und stehen nicht mehr nur den Befragten, sondern allen Interessierten zur Verfügung. «Die KOF verfügt über praktisch lückenlose Daten der Konjunkturbefragung seit 1955», sagt der heute pensionierte KOF-Mitarbeiter Richard Etter, der seit 1978 für die Konjunkturumfragen zuständig war. Diese Kontinuität und die Nähe zur Wirtschaft bei gleichzeitiger wissenschaftlicher Unabhängigkeit machen die Konjunkturumfragen der KOF aus seiner Sicht einzigartig.

Natürlich haben sich Umfragen und Arbeit der KOF weiterentwickelt: Die Fragestellungen passten sich den aktuellen Situationen an, längst haben Computer und Computermodelle Einzug gehalten. In den ersten Jahren orientierte sich die KOF stark an den Interessen der Exportwirtschaft und ausländischen Rohstoffmärkten. Erst im Laufe der Zeit gewannen volkswirtschaftliche Themen das Gewicht, das sie heute haben.

Eugen Böhler, erster Leiter der KOF 1938–1964.




Die Fieberkurve der Wirtschaft heute: aktuelles Konjunkturbarometer der KOF.

Der systematische Ausbau der Konjunkturumfragen war eines der Anliegen von Hans Würgler, der 1964 die Nachfolge von Eugen Böhler antrat. Mit der Entwicklung erster ökonometrischer Modelle zur Analyse der Schweizer Wirtschaft unternahm die Konjunkturforschungsstelle den Schritt in die wissenschaftliche Moderne. Daneben schrieb sie Schweizer Politikgeschichte: 1968 erhielt Würgler den Auftrag, Grundlagen für eine Konjunkturpolitik des Bundes zu erarbeiten und eine Formulierung für einen Verfassungsartikel vorzuschlagen. Der Vorschlag scheiterte allerdings in der Volksabstimmung 1975 äusserst knapp am Ständemehr. «50 Ja-Stimmen mehr in Appenzell Innerrhoden hätten gereicht», erinnert sich Würgler. Er und seine Mitstreiter erarbeiteten eine zweite Fassung, die der föderalistischen Kultur der Schweiz stärker Rechnung trug. Sie ist seit 1978 Bestandteil der Bundesverfassung.

### Konstant im Wandel

Mehr und mehr gewann die Arbeit mit theoretisch und mathematisch fundierten Modellen und statistischen Methoden an Bedeutung. Unter ihrem dritten Leiter Bernd Schips führte die KOF das makroökonometrische Modell zur Prognose der Schweizer Konjunktur ein, das auch heute noch den Konjunkturprognosen zugrunde liegt. Schips baute die Unternehmensbefragungen weiter aus und bezog zusätzliche Branchen, namentlich die Bauwirtschaft und die Finanzinstitute, mit ein. Letztere mussten die KOF auch in anderer Hinsicht interessieren. Denn inzwischen hatten Banken und Versicherungen eigene Abteilungen zur Konjunkturbeobachtung aufgebaut – eine spürbare Konkurrenz. Dank politischer Unabhängigkeit und wissenschaftlicher Expertise behielt die KOF jedoch das besondere Vertrauen von öffentlichen Institutionen, Medien und Öffentlichkeit in der Schweiz.

«International allerdings», sagt der Niederländer Jan-Egbert Sturm, Leiter der KOF seit 2006, «trat die KOF weniger in Erscheinung.» Sein Ziel: die Präsenz der KOF durch die Förderung der akademischen Forschung zu erhöhen. Die KOF erhielt unter seiner Leitung zwei zusätzliche Professuren und betreut derzeit 18 Doktoranden. Die Gebiete der neuen Professuren – Innovation und Internationalisierung sowie öffentliche Finanzen – zielen direkt auf Brennpunkte gesellschaftlicher Entwicklungen. ■

**75 Jahre KOF**

Eine Broschüre über die Geschichte der KOF haben die beiden langjährigen KOF-Mitarbeiter Richard Etter und Günther Greulich in Zusammenarbeit mit weiteren KOF-Autoren zusammengestellt.

Mehr Informationen unter:
**www.kof.ethz.ch/de/75-jahre-kof →**

Der neue Präsident von ETH Alumni, Walter Gränicher (links), zusammen mit seinem Vorgänger Eduard Brunner, der die ETH Alumni Vereinigung elf Jahre lang leitete.

**Führungswechsel bei ETH Alumni**

# «Wir brauchen einen Kulturwandel»

*Interview: Felix Würsten*

**Am 20. April war es soweit: Walter Gränicher wurde an der Delegiertenversammlung als Nachfolger von Eduard Brunner zum neuen Präsidenten von ETH Alumni gewählt. Im Interview erklärt er, wie er in den kommenden Jahren den Zusammenhalt unter allen Ehemaligen der Hochschule fördern will.**

*Herr Gränicher, was war Ihre Motivation, das Präsidium von ETH Alumni zu übernehmen?*

In meiner früheren Funktion als Präsident von Alstom Schweiz habe ich mich immer wieder dafür eingesetzt, dass unsere Firma die Zusammenarbeit mit der ETH Zürich und auch Anlässe an der Hochschule unterstützt. Als ich dann vor vier Jahren bei Alstom ausschied, fragte mich ETH-Präsident Ralph Eichler, ob ich mich nicht im Vorstand von ETH Alumni engagieren möchte, im Hinblick darauf, später einmal das Präsidium zu übernehmen. Diese Aufgabe habe ich gerne übernommen, nicht zuletzt, weil ich auch aus familiären Gründen eng mit der ETH verbunden bin. Mein Vater war Professor an der ETH Zürich, meine Tochter hat ebenfalls hier studiert – das ergibt eine enge Beziehung zu dieser Institution, sogar über Generationen.

*Wie nehmen Sie ETH Alumni heute wahr?*

Die ETH Alumni Vereinigung ist eine föderalistisch strukturierte Organisation, die historisch gewachsen ist. Es ist durchaus richtig, dass die einzelnen Orts- und Fachmitgliedsorganisationen ihre eigenen Aktivitäten haben. Aber es sollte darüber hinaus auch eine übergeordnete und engere Vernetzung geben. Dieser Zusammenschluss, der mit der Gründung von ETH Alumni eigentlich angestrebt wurde, ist in den letzten Jahren etwas ins Stocken geraten. Ich habe den Eindruck, dass das Vertrauensverhältnis zwischen dem Vorstand und der Geschäftsstelle auf der einen Seite und den Mitgliedervereinen auf der anderen Seite nicht mehr ganz so gut ist, wie es eigentlich sein sollte.

*Ist dies der Grund für die heutigen Grundsatzdiskussionen, die in der Alumni Vereinigung geführt werden?*

Als die ETH Zürich vor zwei Jahren ankündigte, ETH Alumni künftig nicht mehr finanziell zu unterstützen, löste dies heftige Diskussionen aus, wie die Zukunft von ETH Alumni aussehen soll. Deshalb haben wir das Projekt «Alumni 2015» lanciert. Im letzten November wurden im Rahmen dieses Prozesses bereits die Mitgliederstruktur überarbeitet und Diskussionen über die Beiträge der Mitglieder geführt. Diesen Prozess wollen wir nun weiterführen. Ich will als Präsident das Momentum, das nun entstanden ist, nutzen, damit sich ETH Alumni weiterentwickeln kann.

*Was heisst das konkret?*

Mittelfristig geht es darum, den Status der einzelnen Mitglieder anzugleichen, auch bei den Mitgliederbeiträgen, die heute noch sehr unterschiedlich sind. Ziel sollte sein, dass alle Mitglieder die gleichen Rechte und Pflichten haben und dass sich alle Ehemaligen unter dem Dach von ETH Alumni zuhause fühlen.

*Ist denn die Grundstruktur von ETH Alumni mit über 50 Untergruppierungen überhaupt noch zeitgemäss?*

Wir haben in den letzten Jahren bereits eine gewisse Vereinfachung der Strukturen erreicht, und das wird sich im Laufe der Zeit noch weiterentwickeln. Das Problem sind nicht die vielen Gruppierungen, sondern dass die Mitglieder insgesamt noch zu wenig gut miteinander vernetzt sind.

*Wie könnte man die Vernetzung weiter fördern?*

Von der Dynamik her könnte uns die Alumni-Vereinigung der HSG als Vorbild dienen. Wir brauchen attraktive Anlässe, die unsere Mitglieder ansprechen. Im März führten wir beispielsweise im Prime Tower einen gemeinsamen Anlass mit den HSG Alumni durch, der auf sehr grosse Resonanz stiess. Oder nehmen Sie das Alumni Sinfonieorchester, das regelmässig die Tonhalle füllt. Diese Beispiele zeigen: Wenn das Format stimmt, lassen sich unsere Mitglieder durchaus begeistern. Natürlich: Die Alumni der ETH sind viel heterogener als diejenigen der HSG, weil es an der ETH viele verschiedene Fachrichtungen gibt. Dennoch müssen wir uns überlegen, wie wir unter diesen Voraussetzungen mehr erreichen können. Letztlich geht es um einen Kulturwandel. Und den kann man nicht erzwingen, den müssen wir uns erarbeiten.

*Was verstehen Sie unter Kulturwandel?*

Wir wollen unter allen Alumni der ETH eine Art Zusammengehörigkeit – ein Wir-Gefühl – entwickeln. «Wir sind stolz, an der ETH studiert zu haben, und zeigen dies mit einer aktiven Mitgliedschaft bei ETH Alumni» – diesem Leitspruch sollten sich möglichst viele Ehemalige anschliessen. Im Grundsatz haben wir diese Einstellung in unseren Grundlagenpapieren bereits festgeschrieben. Nur sind wir im Alltag noch nicht ganz so weit. Wir haben noch viel Potenzial.

*Ein wichtiges Thema in der gegenwärtigen Diskussion ist, neue Mitglieder zu gewinnen. Welche Pläne hat der Vorstand in diesem Bereich?*

Eine Arbeitsgruppe hat dazu bereits konkrete Vorschläge formuliert. Der Vorstand und die Geschäftsstelle können diese allerdings nicht alleine umsetzen. Wir brauchen die Unterstützung aller Mitgliedervereine, aber auch der ETH Zürich, damit möglichst viele junge Abgängerinnen und Abgänger bei uns mitmachen.

*Ist ETH Alumni für die jungen Absolventinnen und Absolventen attraktiv genug?*

Bei gewissen Fachgebieten ja, bei anderen wiederum sind wir noch nicht so weit. Bei den Architekten zum Beispiel fehlen uns noch die entsprechenden Strukturen. Aber auch da gilt: Der Vorstand und die Geschäftsstelle können das nicht von sich aus ändern. Wir brauchen initiative Leute, die bereit sind, mit uns zusammen etwas aufzubauen.

*Und wie halten Sie die älteren Generationen bei der Stange?*

Wir haben tatsächlich eine sehr breite Altersstruktur. Die jüngsten Mitglieder sind 25 Jahre alt, die ältesten über 80. Das ist eine enorme Spanne, dementsprechend unterschiedlich sind auch die Bedürfnisse. Wir überlegen uns, ob wir unsere Events nicht stärker auf spezifische Gruppen ausrichten sollten, damit wir diese besser ansprechen können.

*Wie sehen Sie mittelfristig die Partnerschaft mit der ETH?*

Dieses Thema werden wir in der nächsten Zeit vertieft diskutieren. Wir wollen zu einer Organisation werden, welche die ETH Zürich aktiv und auch nachhaltig in der Öffentlichkeit unterstützt. Wenn wir es schaffen, unter allen Alumni dieses Wir-Gefühl zu entwickeln, sind wir diesem Ziel einen grossen Schritt näher. So wie sich die Diskussionen in den letzten Monaten entwickeln, bin ich sehr zuversichtlich, dass wir auf dem richtigen Weg sind.

*Wie sieht denn die konkrete Zusammenarbeit mit der Hochschule aus?*

Unsere Kontakte zur Schulleitung sind sehr gut, und die Geschäftsstelle arbeitet eng mit den diversen Stellen der ETH zusammen. Verstärken möchten wir unsere eigene Kommunikation. Insbesondere bei den sozialen Medien sehe ich ein grosses Potenzial, das wir zurzeit eindeutig noch zu wenig nutzen. ■

**Zur Person**

Walter Gränicher schloss 1976 sein Studium als Maschineningenieur an der ETH Zürich ab. Er hat langjährige Erfahrungen in der Industrie und war u.a. zwischen 2003 und 2009 Präsident von Alstom Schweiz und Sektor Präsident Power Service in der Konzernleitung beim weltweit tätigen Energiekonzern Alstom. Heute ist er als Investor und Berater tätig und unter anderem Verwaltungsrat der Investmentfirma KMU Capital AG. Er ist Stiftungsrat der ETH Zürich Foundation und seit 2011 Vorstandsmitglied von ETH Alumni.

job^up date
Stellenangebote für Absolventinnen und Absolventen der ETH Zürich
**www.career.ethz.ch** →

## Alumni life

# Agenda

Satelliten liefern nicht nur faszinierende Bilder, sondern auch wertvolle Messdaten. Was mit diesen Informationen heute alles gemacht wird, zeigt eine Sonderausstellung in FocusTerra.

## Alumni Business Events

**Hans Hess**
Präsident Swissmem
**12. September 2013**

**Urs Rohner**
VR-Präsident Credit Suisse
**11. November 2013**

**Networkingapéro ab 17.30 Uhr, Veranstaltungsbeginn 18.45 Uhr ETH-Hauptgebäude, Dozentenfoyer**

**Anmelden unter:**
**www.alumni.ethz.ch →**

## Alumni Events

**Businessknigge**
Career-Seminar in Zusammenarbeit mit Businesstools
**13. Juli 2013, 8.30–16.30 Uhr ETH-Hauptgebäude, D1.1**

**Literaturbrunch**
Lesung mit Lukas Hartmann
**22. September 2013, 10 Uhr ETH-Hauptgebäude, Dozentenfoyer**

## Ausstellungen

**«Eher fahre ich in die Hölle als in die Ehe»**
Sonderausstellung zum 60-Jahr-Bühnenjubiläum von Max Frischs «Don Juan oder Die Liebe zur Geometrie»
**Bis 31. Oktober 2013**
**Max-Frisch-Archiv, ETH-Hauptgebäude, H-Stock**
**www.mfa.ethz.ch →**

**Die Erde im Visier**
Die Beobachtung des Systems Erde aus dem Weltraum

Wanderausstellung über neue Methoden und Erkenntnisse der Satellitenfernerkundung
**10. Juni 2013–23. Februar 2014**
**FocusTerra, Sonneggstrasse 5, Zürich**
**www.focusterra.ethz.ch →**

**Schattenreisen**
Radierungen von Peter Bräuninger
**21. August–18. Oktober 2013**
**Graphische Sammlung ETH-Hauptgebäude, E53**
**www.gs.ethz.ch →**

## Alumni Sinfonieorchester

**15. Konzert im Herbst 2013**

*Johannes Brahms (1833–1897)*
**Klavierkonzert Nr. 1, d-Moll, op. 15**

*Jean Sibelius (1865–1957)*
**Sinfonie Nr. 1, e-Moll, op. 39**

**4. Oktober 2013, 19.30 Uhr Dreispitz, Kreuzlingen**

**6. Oktober 2013, 19.30 Uhr Tonhalle Zürich, grosser Saal**

**www.alumniorchester.ch →**

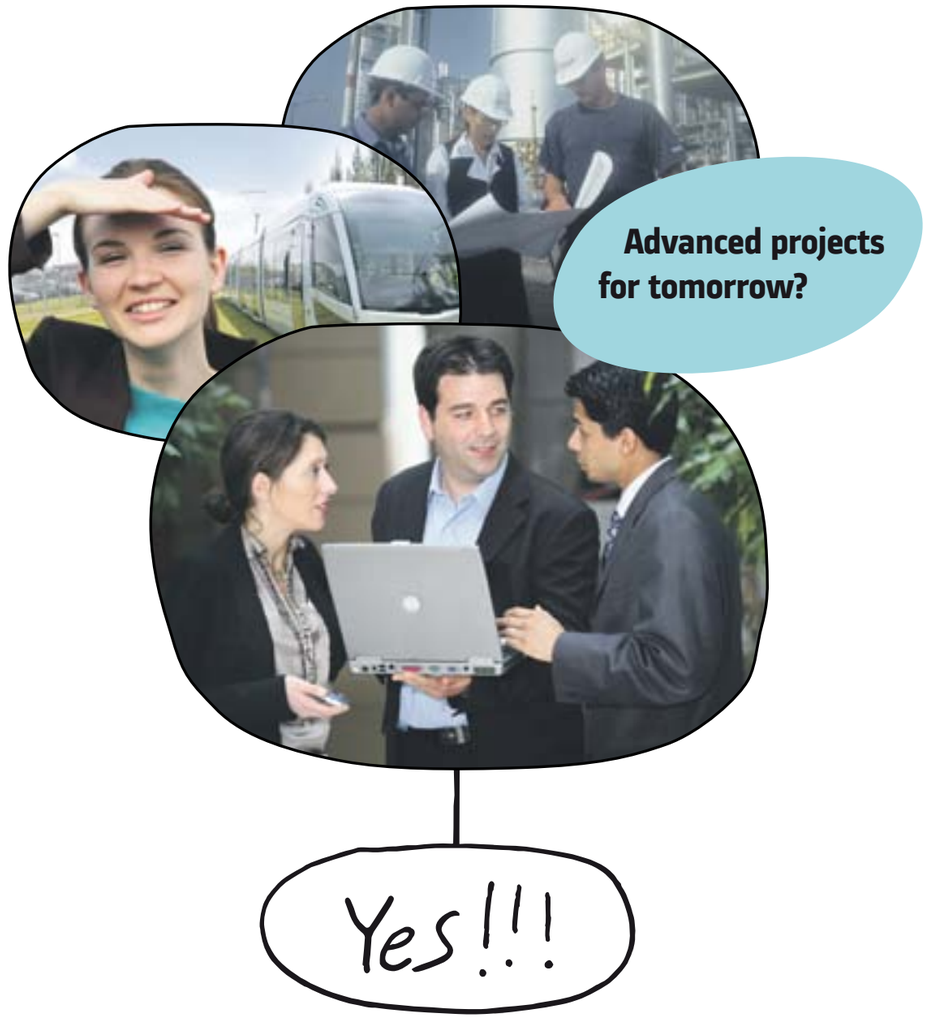
## Centro Stefano Franscini

**Soft Robots for Hard Problems**
Roboterforscher aus aller Welt präsentieren in einer öffentlichen Vorführung neue Entwicklungen im Bereich «weiche Roboter».
**Voranmeldung: info@monteverita.org**
**18. Juli 2013, 16.30–19 Uhr**
**Centro Stefano Franscini, Monte Verità, Ascona**
**www.csf.ethz.ch →**

## Scientifica 2013

Die 3. Scientifica befasst sich mit dem Thema «Risiko – was wir wann wagen». Wie gehen wir mit Risiken um? Wie kann ich persönliche Risiken für meine Gesundheit verringern? Wie bereiten wir uns auf Katastrophen vor? Welche «Naturgefahren» sind menschengemacht? Kann man künftige Finanzkrisen verhindern? Zu diesen und vielen weiteren Fragen erhalten Sie Antworten von Forschenden der ETH Zürich und der Universität Zürich – an attraktiven Ausstellungsständen, in Kurzvorlesungen und begleitenden Veranstaltungen.
**31. August–1. September 2013**
**www.scientifica.ch →**




Yes, together we will contribute to economic, social and environmental progress. Through the development of advanced public transport, cleaner electric power production and global transmission solutions, Alstom employees in around 100 countries are helping to address some of the key issues that face this planet today. If you are looking for a world of economic, social and environmental change, look no further. As a leading global player in power generation, power transmission and rail infrastructure we suggest it's time to act and think of the future. Your future.

**www.careers.alstom.com**

© Photo Alstom - Alstom 2007

ALSTOM
*Shaping the future*

NOSER ENGINEERING
WE KNOW HOW

# Erleben Sie unseren Mobile App Showcase

Unser NOSERmobile-Team unterstützt Sie bei der Planung und Umsetzung Ihrer mobilen Strategie. Namhafte Kunden wie Schweiz Tourismus (Family Trips auf Android und Windows 8), City Guide, search.ch, Swisscom, AMG Mercedes und Rinspeed zählen auf uns. Und Sie?

Rufen Sie uns an,
+41 52 234 56 11.

www.noser.com/mobile-app-showcase

noser engineering ag
rudolf-diesel-strasse 3 | ch-8404 winterthur | tel. +41 52 234 56 11
platz 4 | ch-6039 root d4 | tel. +41 41 455 66 11
galgenfeldweg 18 | ch-3006 bern | tel. +41 31 917 45 11
konrad-zuse-platz 1 | de-81829 münchen | tel. +49 89 9901 4880
info@noser.com www.noser.com

Windows 8
Windows Phone 8
iOS