

# ETH GLOBE

Das Magazin der ETH Zürich, Nr. 3 / September 2011



## Forschend studieren

**Autonom**  
Ein Katamaran sucht Bakterien

**Ausgewählt**  
Die ETH-Flagship-Projekte

**Ausgezeichnet**  
Mit Quantensprüngen zum Erfolg

**ETH**

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich



With its Mission Control Security Services, Open Systems AG is one of Europe's leading providers in the field of IT security. We work in a dynamic environment in over 150 countries from our centres in Zurich and Sydney. As part of our young team you will apply your knowledge in real situations and quickly assume responsibility. Visit our website for information about entry and career opportunities, plus video clips about the company. [www.open.ch](http://www.open.ch)

# Liebe Leserin, lieber Leser



Ralph Eichler, Präsident der ETH Zürich  
(Bild: Giulia Marthaler)

Die Lehre ist eine überaus anspruchsvolle Aufgabe. Bei meiner ersten Physikvorlesung gab mir das Herr Heeb, der als Techniker die Versuche jeweils vorbereitete, klar und deutlich zu verstehen: «Wissen Sie, Herr Eichler, das Vorführen der Experimente ist nur während der ersten zehn Jahre schwierig.» Die damit verbundene Ausdauer aber lohnt sich. Die Qualität einer Hochschule hängt zwar massgeblich von der Kompetenz der Dozierenden ab, ausschlaggebend ist aber auch die Fähigkeit der Studierenden. Mit einem gewissen Stolz höre ich daher bei Berufungsverhandlungen von angehenden Dozenten, dass die Attraktivität der ETH Zürich ebenso durch den Ruf unserer sehr guten Studentinnen und Studenten geprägt ist.

## Solide Ausbildung in den Grundlagen

Den hervorragenden Ruf gilt es zu festigen und langfristig zu steigern. Unser Gütezeichen ist die solide Ausbildung in den Grundlagen der Mathematik und Naturwissenschaften, hinzukommt in den meisten Fächern ein Training in experimentellen Techniken – eine Stärke des Schweizer Systems. Ein weiteres wichtiges Ziel ist es zu lernen, wie man komplexe Probleme löst. Ein Rezept dazu hatte Physikprofessor Werner Känzig, der uns Studenten in der ersten Vorlesung erklärte: «Meine Herren (Damen gab es damals kaum), Physik ist eine Art zu denken. Man zerlegt ein unlösbar scheinendes komplexes Problem in lösbare Einzelschritte.» Das tönt zunächst verblüffend einfach. Das Erlernen dieser Denkart braucht jedoch das Vorbild eines grossen Lehrers, verbunden mit eigenem Training. Wichtig ist dabei auch, dass die Studierenden in die aktuelle Forschung einbezogen werden, wie es die ETH Zürich mit Erfolg realisiert.

Heute zeigen sogenannte «Learning Outcomes» auch im Vorlesungsprogramm der ETH Zürich den Wandel in der Ausbildung. Bei die-

sem Ansatz steht nicht nur das reine Faktenwissen im Mittelpunkt, sondern ebenso das Erlernen von Fähigkeiten, die für die persönliche Karriereplanung der Studierenden wichtig sind. Dazu gehören unter anderem «Soft Skills» wie Präsentiertechnik, Verhandlungsgeschick, aber auch die Auseinandersetzung mit ethischen Fragen. So lernen die Studierenden selbstverständlich das korrekte Zitieren anderer Arbeiten (keine Plagiate!) und Methoden, wie zum Beispiel Tierversuche aufs absolut Nötigste beschränkt werden können.

Die Ausbildung unserer Studierenden bildet auch die Basis für den Wissenstransfer in die Gesellschaft und Wirtschaft. In den vergangenen zehn Jahren hat die ETH Zürich auch das unternehmerische Denken gefördert. Unsere Doktorierenden gründen durchschnittlich pro Jahr über 20 Firmen und schaffen so direkt Arbeitsplätze.

Dass die Lehre an unserer Hochschule keineswegs trocken und verstaubt daherkommt, beweisen die spannenden Beiträge in dieser Ausgabe des ETH GLOBE. Für die Lektüre wünsche ich Ihnen eine lehrreiche Zeit.

Ralph Eichler  
Präsident der ETH Zürich

# Inhalt

## 3 Editorial

Blitzlicht

### 6 Spielzeug für Profis



Eine Modelleisenbahn an der ETH dient der Ausbildung von Bahnfachleuten und Masterstudierenden.

Kompakt

### 8 Nachrichten aus der ETH

Am Puls

### 10 Autonom übers Wasser



Forscher haben ein Boot entwickelt, das völlig selbständig über den Zürichsee kreuzt. Es soll zukünftig in wissenschaftlicher Mission unterwegs sein und regelmässig Wasserproben aus dem Zürichsee entnehmen.

#### IMPRESSUM

Herausgeber: ETH Zürich. Redaktion: Hochschulkommunikation, Thomas Langholz (Leitung), Martina Märki, Christine Heidemann. Mitarbeit: Florian Meyer, Philippe Neidhart, Catarina Pietschmann, Peter Rüegg, Samuel Schläfli, Philipp Theisohn, Simone Ulmer, Klaus Wilhelm, Felix Würsten. Fotos: Titelbild: Philippe Neidhart; Fokus: Nathan Beck. Inserate: Go! Uni-Werbung, St. Gallen, Tel. 071 244 10 10, E-Mail info@go-uni.com. Gestaltung: Crafft Kommunikation AG, Zürich. Korrektorat und Druck: Swisssprinters Zürich AG. Auflage: 25000, erscheint viermal jährlich. Weitere Infos und Kontakt: www.ethz.ch/ethglobe, ethglobe@hk.ethz.ch, Tel. 044 632 42 52. ISSN 1661-9323. Adressänderungen an ethglobe@hk.ethz.ch



ETH Globe wird klimaneutral gedruckt mit myclimate.

## Fokus: Forschend studieren

### 14 Lernen und Leben an der ETH



Die ETH Zürich gehört zu den besten Adressen in Sachen Studium. Wie erleben Studierende die Spitzenhochschule und was erhoffen sie sich von ihrer Zukunft? ETH Globe war zu Besuch in einer Studenten-WG.

### 18 «Forschungsnahes Studium statt Massenausbildung»

Die Rektorin der ETH Zürich verrät ihr Geheimrezept.

### 23 Neue Ideen für die Lehre



Zukunftsweisende Projekte aus dem Lehrkosmos der ETH

### 27 Am Puls der Zeit

Ein neuer Studiengang im Dienst der Gesundheit

## 28 Erfolgsmodell Maschinenbau



Ingenieurmangel? Nicht an der ETH Zürich. Hier kann sich das Fach Maschinenbau über fehlendes Interesse nicht beklagen. Mehr und mehr junge Leute zieht es zum Studienfach, in dem ihre Projektideen von Anfang an gefragt sind.

## 32 Überblick im Zahlenmeer

Dank Studienberatung und Coaching hat Mathestudent Claude Renaux alles super im Griff.

## 34 Was Lehrer wissen sollten, um ihre Schüler zu faszinieren



Ein Gespräch mit Elsbeth Stern, Professorin für Lehr- und Lernforschung.

## 36 Netzwerk für Nachhaltigkeit

Studierende aus 13 Ländern lernen alles über Abfall.

## 40 Beste Aussichten

Was ETH-Absolventen nach dem Studium tun und was ihr Studium gebracht hat, zeigt die Absolventenbefragung.

Kompakt

## 43 Nachrichten aus der ETH

ETH Aktuell

## 44 Zukunftsprojekte

Weltsimulator und Schutzengel

Serie

## 48 Neue Brennstoffzellen

Profil

## 50 Faible für Hightech-Zwerge

Nachgefragt

## 53 Kreativ: Society in Science

ETH Zürich Foundation

## 54 Quantensprünge zum Erfolg



Max-Rössler-Preis für Physiker

Historie

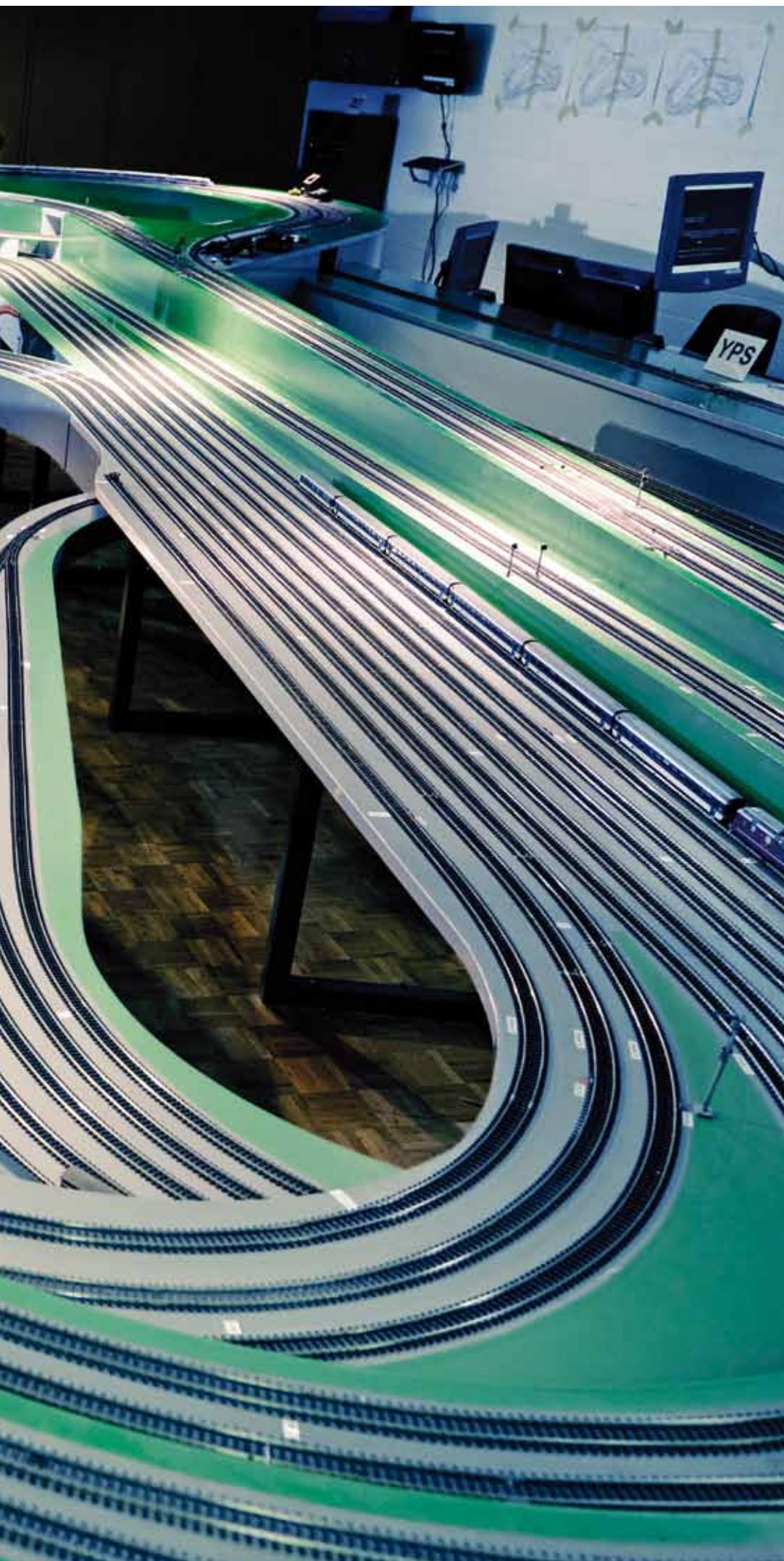
## 56 Als das Poly zur ETH wurde

Kolumne

## 58 Theisoohns Welt



Auf über 600 Metern Gleislänge drehen die Modellbahnen an der ETH ihre Runden. Mithilfe der Anlage lernen Bahnfachleute und Masterstudierende, wie komplexe Verkehrssysteme funktionieren. (Bild: Roland Tännler)



## Spielzeug für Profis

Kurvig winden sich 600 Meter H0-Gleise auf über 50 Quadratmeter Fläche in einem Keller des HIL-Gebäudes am ETH-Standort Hönggerberg. Scheinbar im Schneckentempo dreht ein Regionalzug seine Runden, in einem der sieben Bahnhöfe wartet der lange Post-Güterzug auf grünes Licht. Im Eisenbahnbetriebslabor des Instituts für Verkehrsplanung und Transportsysteme gibt es Gleise und Züge im Massstab 1:87, die Spurweite beträgt gerade mal 17,2 Millimeter. Ansonsten ist alles so realitätsnah wie möglich eingerichtet: Gesteuert wird die Anlage mit originalgetreuen Stellwerken aus verschiedenen Epochen sowie modernsten Leitsystemen, wie sie die SBB auf ihrem Streckennetz einsetzen. Die Züge verkehren in vergleichbarer Geschwindigkeit auf der Modellebene wie ihre realen Vorbilder. Nur Häuschen und Städte sucht man vergebens. Sie würden den Unterhalt der Anlage erschweren. Denn die Modelleisenbahnanlage, eine der grössten der Schweiz, ist kein Spielzeug, sondern dient der Ausbildung von Bahnpersonal und Masterstudierenden der ETH Zürich. Sie lernen hier, wie komplexe Verkehrssysteme funktionieren und wie schwierig es mitunter sein kann, Fahrpläne einzuhalten, wenn auf dem Schienennetz das Chaos ausbricht. In den letzten beiden Jahren wurde die Anlage mit Unterstützung der Firma Siemens und der SBB für rund eine Million Franken saniert und erweitert. Die ETH besitzt seit 1955 eine Modelleisenbahnanlage, die über die Jahre in Etappen ausgebaut und letztmals 1991 vollständig revidiert wurde.

→ [www.ivt.ethz.ch/oev/eisenbahn](http://www.ivt.ethz.ch/oev/eisenbahn)

## Hunger ökologisch bekämpfen



Versuchsfeld für Mais in Mexiko. (Bild: Marco D'Alessandro / ETH Zürich)

Wie die immer grösser werdende Weltbevölkerung ernährt werden kann und welche Rolle die nachhaltige Landwirtschaft dabei spielt, sind zentrale Fragen für die kommenden Generationen. Seit Januar 2011 bündelt die ETH Zürich ihre Forschungsaktivitäten auf diesem Gebiet im neuen Kompetenzzentrum «World Food System». Darin arbeiten ETH-Professorinnen und -Professoren aus verschiedenen Disziplinen zusammen und kooperieren mit anderen Institutionen in der Schweiz und im Ausland. Jetzt hat die Stiftung Mercator Schweiz über eine Donation an die ETH Zürich Foundation fünf Millionen Franken zur Verfügung

gestellt, mit denen über die nächsten zehn Jahre Projekte des Kompetenzzentrums unterstützt werden. Dabei sollen insbesondere Forschungsvorhaben in den Bereichen nachhaltige Landnutzung, natürliche Ressourcen, Klimawandel und Agrarökosysteme, die eine sozialwissenschaftliche Komponente und einen engen Praxisbezug haben, gefördert werden. Im Vordergrund stehen die Fragen, wie gross das Potenzial der ökologischen Landwirtschaft ist, wie Kleinbauern dieses Potenzial ausschöpfen können und welchen Beitrag die ökologische Landwirtschaft zur Bekämpfung des Welthungers leisten kann.

## Hohe Ehre für Michele Parrinello

Michele Parrinello erhält den diesjährigen Marcel-Benoist-Preis. Der Physiker wird mit dem wichtigsten Forschungspreis der Schweiz für seine Modellierungen im Bereich Molekulardynamik ausgezeichnet. Diese ermöglichen es, die Dynamik eines Moleküls und dessen Elektronenstruktur gleichzeitig und schnell zu berechnen. Parrinello ist seit 2001 Professor für Computational Science an der ETH Zürich und war bis 2003 Direktor des Nationalen Hochleistungsrechenzentrums CSCS in Manno. Dieses spielt noch heute eine wichtige Rolle für Parrinellos Forschung, da er für seine Simulationen die Hochleistungsrechner nutzt. Seit diesem Jahr hat Michele Parrinello eine Doppelprofessur an der ETH Zürich und der Università della Svizzera italiana.



Michele Parrinello erhält den wichtigsten Forschungspreis der Schweiz. (Bild: ETH Zürich)

Ich  
erzeuge  
Energie.

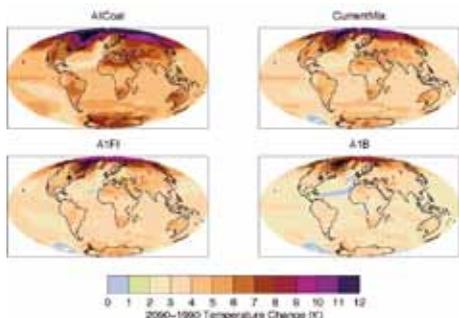


Wo fliesst Ihre Energie? Finden Sie's raus – Infos zum Einstieg bei der BKW-Gruppe gibt es unter:

[www.bkw-fmb.ch/karriere](http://www.bkw-fmb.ch/karriere)

**BKW**®

## Viel wärmer als gedacht?



Vier Klimaszenarien mit starker Wärmeentwicklung rund um den Nordpol. (Bild: Sanderson et al., 2011)

Es könnte gegen Ende des Jahrhunderts noch viel wärmer werden auf der Erde als bisher angenommen. Zu diesem Schluss kommt eine neue Studie von amerikanischen und Schweizer Forschern, an der auch ETH-Professor Reto Knutti vom Institut für Atmosphäre und Klima beteiligt war. Die errechneten Durchschnittstemperaturen liegen demnach weit höher als die bisherigen «Worst Case»-Szenarien des IPCC. Die Resultate lassen aufhorchen, weil die Forscher für ihre Berechnungen nicht übertriebene Annahmen getroffen haben, sondern nur pessimistische Prognosen zum Wachstum der Weltbevölkerung, zum Pro-Kopf-Energieverbrauch und zum verwendeten Mix an Primärenergie berücksichtigt haben. So gingen sie davon aus, dass der Pro-Kopf-Energieverbrauch wie bisher weiterwächst und dass die Weltbevölkerung im Extremfall auf 15 Milliarden Menschen anwachsen wird. Zudem gingen sie in einem der durchgerechneten Szenarien davon aus, dass Kohle am Ende des Jahrhunderts über 90 Prozent des Primärenergiebedarfs decken wird. Unter diesen Voraussetzungen könnte die Temperatur bis Ende des Jahrhunderts gegenüber 1990 im Durchschnitt um 5,1 Grad Celsius ansteigen. Rund um den Nordpol könnte es sogar elf bis zwölf Grad wärmer werden.

## «Esri» übernimmt ETH-Spin-off

Erfolg für den ETH Spin-off «Procedural»: Der Softwarefirma «Esri» (Environmental Systems Research Institute) hat das Jungunternehmen aus dem Institut für Bildverarbeitung der ETH Zürich gekauft. Damit kommt nach Google und Disney ein weiterer Gigant der Softwareentwicklung in den Umkreis der ETH Zürich. Denn Procedural wird weiterhin in Zürich bleiben. Das im kalifornischen Redlands beheimatete Unternehmen Esri möchte den Schweizer Standort zu einem führenden Forschungs- und Entwicklungszentrum im Bereich Urban Design und 3-D-Visualisierungen machen. Der ETH-Spin-off Procedural entstand im Jahr 2007 und hat sich vor allem mit der Software «CityEngine» einen Namen gemacht, mit der sich aus zweidimensionalen Daten 3-D-Darstellungen von Städten erzeugen lassen. Die Software wird von Städteplanern und Architekten, aber auch von Game-Entwicklern und Filmstudios genutzt. Der Käufer Esri möchte «City-

Engine» sowohl als Eigenprodukt erhalten, aber auch in eigene Produkte integrieren. Der weltgrösste Spezialist im Bereich Geoinformationssysteme (GIS) sieht zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten für die Software, denn viele GIS-Probleme können nur in 3-D gelöst werden. Und auch für die Kunden von Procedural bietet der Zusammenschluss Vorteile, da viele von ihnen ebenfalls Software von Esri nutzen. ETH Zürich und Silicon Valley sind sich einen weiteren Schritt nähergekommen.



3-D-Animation von New York City im Jahr 2259. (Bild: Procedural inc.)

## Zuckeraufnahme repariert

Eine Forschungsgruppe um Markus Stoffel, ETH-Professor am Institut für molekulare Systembiologie, hat einen Mechanismus ausfindig gemacht, der im Körper für die Insulinresistenz und damit die verminderte Aufnahme von Glukose in Zellen verantwortlich ist. Die Entdeckung bietet einen neuen Ansatz zur Therapie von Diabetes-Patienten.

Ausgegangen waren die Wissenschaftler von der Tatsache, dass die Sensoren, die auf den Leber- und Fettzellen die Glukoseaufnahme steuern, bei vielen fettleibigen Personen unsensibel geworden sind und nicht mehr auf das durch das Insulin ausgelöste Signal reagieren. Die Folge: Die Beta-Zellen der Bauchspeicheldrüse, die das Insulin produzieren, stossen immer mehr davon aus – bis sie schliesslich kollabieren und es zur Überzuckerung kommt. Stoffel und sein Team haben jetzt herausgefunden,



Mikro-RNS sind wichtige Regulatoren von Zellfunktionen. (Bild: www.dddmag.com)

warum die Sensoren nicht mehr funktionieren. Sie haben zwei kurze Nukleinsäuren (miRNS) identifiziert, die bei fettleibigen Mäusen das Gen, das den Bauplan für einen Insulinsensor darstellt, blockieren. Nachdem die Forscher die beiden Nukleinsäuren inaktiviert hatten, reagierten die Fett- und Leberzellen wieder auf das Insulinsignal – und nahmen erneut Glukose auf.



Doktorand Gregory Hitz verfolgt gespannt, wie der autonome Forschungskatamaran den Kurs aufnimmt. (Bild: Roland Tännler)

# Autonom übers Wasser

**Das Autonomous Systems Lab der ETH Zürich hat einen Katamaran entwickelt, der selbstständig über den Zürichsee kreuzt. Seine Mission: Er soll spezielle Bakterien aufspüren.**

Philippe Neidhart

Laut ratternd öffnet sich das Tor eines kleinen Bootshauses in Kilchberg am Zürichsee. Langsam machen sich zwei Boote auf den Weg in Richtung offenen See. An Bord des ersten Boots sind die beiden Doktoranden Gregory Hitz und François Pomerleau vom Autonomous Systems Lab der ETH. Das zweite ist führerlos; es folgt wie von Geisterhand gesteuert dem ersten.

Der kleine, selbstständig fahrende Katamaran ist der Hauptakteur des Projekts «Limnobotics», das Forschende der ETH Zürich in Zusammenarbeit mit der Limnologischen Station der Universität Zürich durchführen. Die Wissenschaftler in der Station erforschen Binnengewässer. Geleitet wird sie von Jakob Pernthaler, der auch Projektleiter von «Limnobotics» ist. Der autonome Katamaran soll den Biologen dabei helfen, ökologische Prozesse im Zürichsee zu untersuchen und limnologische Daten erstmals quer durch den See zu sammeln. Finanziell unterstützt wird «Limnobotics» vom Schweizerischen Nationalfonds SNF.

Die Jungfernfahrt des Katamarans fand zwar bereits 2010 statt – doch erst jetzt wird es ernst: Seit diesem Sommer wird «Lizhbeth», so heisst das Boot, zu Forschungszwecken eingesetzt. «Der Name ist eine Wortzusammensetzung aus der Limnologischen Station Zürich und der ETH», erklärt Gregory Hitz vom Autonomous Systems Lab, der die auf GPS basierende Steuerung des Schiffes für seine Masterarbeit programmiert hat.

Dank Elektromotoren bewegt sich der Katamaran fast lautlos über die Wasseroberfläche. Hitz im Beiboot hat die eine Hand am Computer,

die andere am Joystick. Jede Bewegung des kleinen Forschungsschiffs beobachtet er genau: «Durch den Hafen bis zum Startpunkt der eigentlichen Route muss ich das Boot noch von Hand steuern», erklärt er, «denn das auf offenem See eingesetzte GPS-Signal ist für diese Strecke zu ungenau.» Für die manuelle Steuerung ist er mit dem Schiff per Wireless-Netzwerk verbunden. Mit seinen zwei Rümpfen und zwei Motoren lässt sich der Katamaran sehr genau manövrieren. «Nur Seitwärtsbewegungen sind aufgrund der speziellen Konstruktion eher schwierig», sagt der junge Forscher. Langsam schlängelt sich «Lizhbeth» aus dem Hafenaerial. Trotz seiner geringen Länge von zweieinhalb Metern und einer Breite von knapp zwei Metern wiegt der Katamaran stolze 140 Kilogramm. «Einen grossen Teil des Gewichtes machen die 40 Kilogramm schweren Bleibatterien aus; die Glasfaserrümpfe dagegen sind relativ leicht.» Trotzdem bewegt sich das Boot mit nur drei Kilometern in der Stunde – und das ist gewollt: «Das Boot darf gar nicht schnell sein, denn je langsamer wir fahren, desto mehr Messdaten können wir sammeln.»

## Minuten der Stille

Mittlerweile befindet sich der kleine Katamaran auf offenem Gewässer. Nachdem die Forscher den Sensor per Seilwinde ins Wasser gelassen haben, kann die Messung beginnen. Die autonome Steuerung übernimmt das Ruder, und «Lizhbeth» bewegt sich ab jetzt auf der vorher per GPS-Koordinaten festgelegten Strecke. Davon lässt sie sich auch von den kleinen

Wellen im Wasser nicht abbringen, die gegen ihre Seiten schlagen. Für einen Menschen wäre es unmöglich, das Boot von Hand so genau zu manövrieren: «Nur dank der autonomen Steuerung können wir ein und dieselbe Route immer wieder abfahren», sagt Doktorand François Pomerleau. «Das ist für die Biologen sehr wichtig, da sie die gesammelten Daten nur so sinnvoll miteinander vergleichen können.»

Hitz und Pomerleau blicken gelassen über das ruhige Wasser. Eigentlich sollte man sich keinen besseren Arbeitsplatz vorstellen können, als bei Sonnenschein gemütlich über den Zürichsee zu tuckern. Doch gemütlich ausspannen oder ein Buch lesen können die beiden ETH-Wissenschaftler nicht: «Wir müssen immer auf einen eventuellen Zwischenfall gefasst sein.» Deshalb hat Gregory Hitz den Bildschirm seines Laptops ständig im Blick. «Falls die Batterien zu schwach werden, wird dies sofort angezeigt.» In einem solchen Fall müsste der Forscher die Steuerung wieder selbst übernehmen. Währenddessen wird der Sensor mithilfe der Seilwinde konstant nach unten und oben be-

---

## «Limnobotics»

Das Projekt «Limnobotics» wurde vor einem Jahr als Kollaboration zwischen dem von Roland Siegwart geleiteten Autonomous Systems Lab (ASL) der ETH Zürich und der Limnologischen Station der Universität Zürich ins Leben gerufen. Mithilfe eines autonom agierenden Katamarans werden Daten gesammelt, die Einblick in die Verbreitung des toxischen Cyanobakteriums «Planktothrix» im Zürichsee geben sollen. Finanzielle Unterstützung erhalten die Forscher vom Schweizerischen Nationalfonds SNF.

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



Oben: Letzte Handgriffe, bevor der Katamaran in See sticht. Während der Fahrt können François Pomerleau und Gregory Hitz nur noch per Computer eingreifen.  
Unten: Der torpedoartige Sensor sammelt unter Wasser Daten zur Konzentration einer bestimmten Bakterienart im Zürichsee. (Bilder: Roland Tännler)

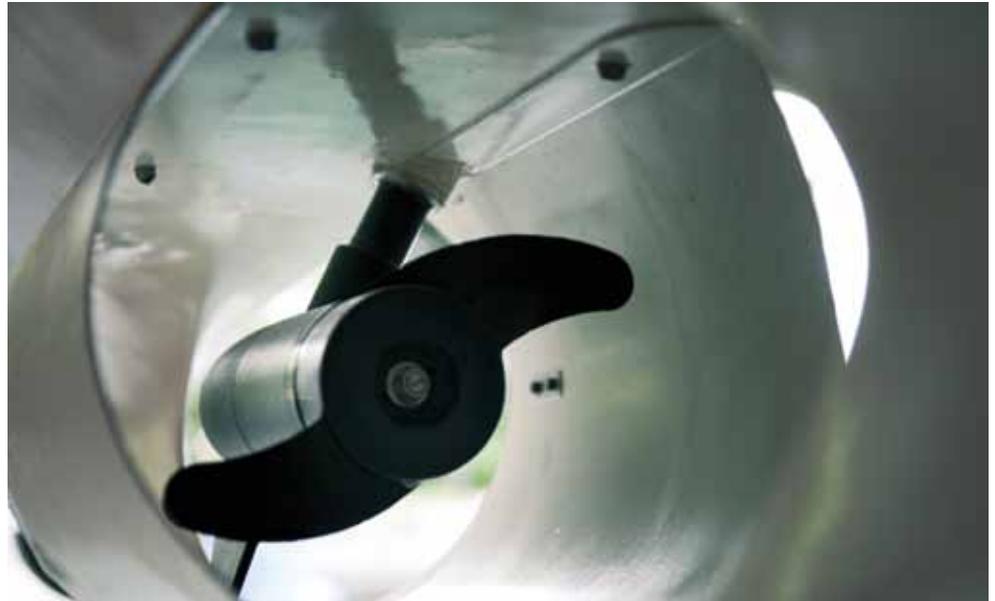
wegt, um Daten zu sammeln. So erhalten die Forscher eine Art Querschnitt des Sees. Damit der Sensor im Wasser gleichmässig auf und ab gleitet, ist er mit einer speziellen Hülle ausgestattet. Sie gleicht einem Torpedo und hat einen schweren Stahlkopf. Ohne diesen würde der Sensor während der Fahrt andauernd an die Wasseroberfläche treiben. Zusätzlich dienen die «Flügel» der Hülle zur horizontalen Ausrichtung des Sensors, da sie den Widerstand im Wasser verringern.

#### Bakterien breiten sich aus

Mit den von «Lizhbeth» gesammelten Messwerten untersuchen die Biologen der Limnologischen Station die Konzentration einer speziellen Art von Cyanobakterien mit dem Namen *Planktothrix rubescens* – zu Deutsch Burgunderblutalge – im Wasser des Zürichsees. Der Name stammt von den roten Pigmenten des Bakteriums. Anhand der Wassertemperatur, des pH-Werts und Sauerstoffgehalts, der Lichtverhältnisse und Algenpigmente können die Sensoren des Katamarans das Vorkommen von *Planktothrix* stetig bestimmen und aufzeichnen.

Seit einigen Jahren vermehren sich diese Bakterien im Zürichsee besonders stark. «Noch in den 60er-Jahren gab es hier fast keine *Planktothrix*», sagt die Biologin Marie-Eve Garneau. Sie arbeitet in der Limnologischen Station des Instituts für Pflanzenbiologie der Universität Zürich und wertet die von «Lizhbeth» gesammelten Daten aus. Das Bakterium liebt sauberes Wasser, «es liegt aber auch an der Klimaerwärmung, dass es immer mehr *Planktothrix* gibt». Und eine zu hohe Konzentration kann für die Bewohner des Sees gefährlich werden. Denn die Bakterien produzieren das Gift Microcystine. «Der Zürichsee ist ausserdem ein wichtiger Trinkwasserlieferant für die Stadt», so Garneau. Würde das Gift ins Leitungswasser gelangen, könnte es beim Menschen zu Entzündungsreaktionen und Übelkeit bis hin zu Leberschäden führen.

Früher wurden die Messungen an einzelnen Stellen im See durchgeführt. Dies war sehr zeitintensiv und die Menge an gesammelten Daten gering. Dank des autonomen Katamarans erschliesst sich der Forscherin eine neue Möglichkeit. «Erstmals können wir die Bewegungen des Bakteriums über weite Strecken nachverfolgen und analysieren.» Schon mit den bisherigen Daten konnte Garneau einige Details aufdecken: Auf der Ostseite des Zürichsees gibt es eine hohe Konzentration von



Blick auf eine der Schiffsschrauben. Nicht Schnelligkeit ist das Antriebsziel, sondern besonders ruhige und langsame Fahrt. (Bild: Roland Tännler)

*Planktothrix*. Ursache dafür könnten die Windverhältnisse sein, vermutet Garneau. «Es war in den vergangenen Nächten sehr stürmisch, nun können wir sehen, ob das Einfluss auf unsere Messergebnisse hat.» Ohne die Hilfe des Katamarans wäre eine solche Untersuchung nicht möglich.

#### Schwimmer sind das Problem

Nach einer halben Stunde Fahrt erreichen «Lizhbeth» und ihre Begleiter den Endpunkt der Messstrecke auf der gegenüberliegenden Seite des Zürichsees. «Bei der Rückfahrt auf genau dem gleichen Kurs erhalten wir das umgekehrte «Zickzack-Muster» bezüglich Höhe und Tiefe der Messungen wie beim Hinweg», erklärt Hitz. «Diese Muster werden anschliessend kombiniert, so dass wir einen kompletten Querschnitt des Sees bekommen.» Doch nicht immer verläuft eine solche Messung nach Plan: Schon kurz nach Aufbruch zur Rückfahrt muss Hitz den Katamaran stoppen: Die 280 Tonnen schwere Zürichseefähre «Linth» steuert geradewegs auf die beiden Forscher und «Lizhbeth» zu. Die Schiffe kreuzen teilweise die Messstrecke, deshalb stehen die Doktoranden in engem Kontakt mit der Seepolizei und der Schifffahrtsgesellschaft des Zürichsees. Da der Katamaran sehr langsam unterwegs ist, müssen sie den anderen Booten den Vortritt lassen.

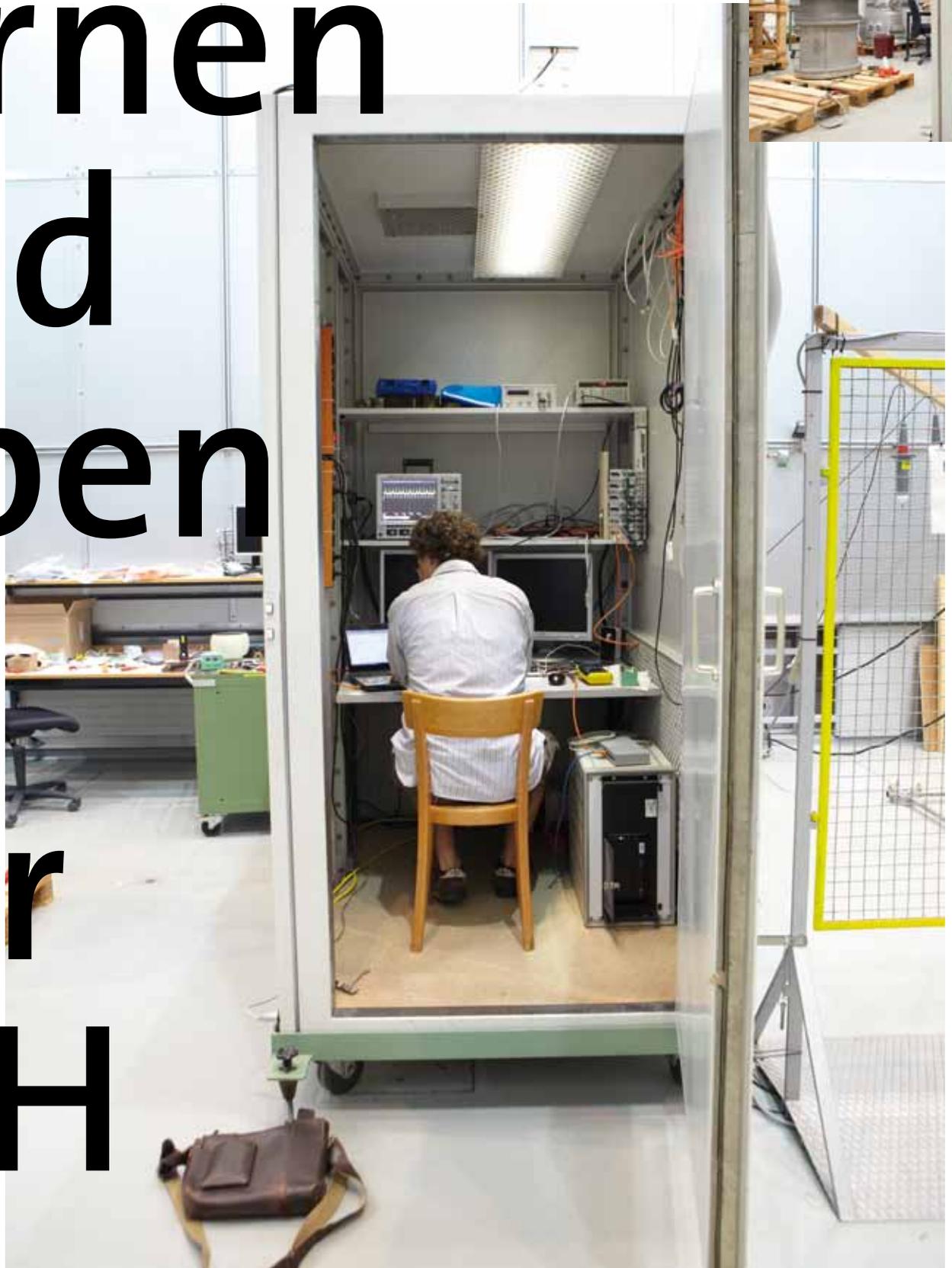
Doch noch mehr als die Fähren fordert die Technik das Team. «Der grösste Knackpunkt ist die Zuverlässigkeit des Katamarans», sagt Cédric Pradalier, Projektverantwortlicher vom Autonomous Systems Lab der ETH. «Wenn nur ein einziges Teil nicht richtig funktioniert, haben wir sofort einen kompletten Fehler.» So

war erst vor kurzer Zeit der Motorenkontroller ausgefallen, und das Team musste die Messfahrten für einige Tage unterbrechen.

#### Vollkommene Autonomie

Noch dauert das Projekt «Limnobotics» zwei Jahre. Ziel ist es, das System des Katamarans möglichst benutzerfreundlich zu machen, so dass die Biologen der limnologischen Station in Zukunft selbst damit umgehen können. Dafür muss das Boot jedoch eigenständig vom Hafen bis zum Startpunkt und zurück fahren. «Damit das möglich wird, müssen wir «Lizhbeth» mit Kameras oder Laser ausstatten, damit sie andere Boote und weitere Hindernisse erkennt», sagt Cédric Pradalier. Vor allem Schwimmer wahrzunehmen sei schwierig. «Sie sind eine Herausforderung, da man von ihnen nur den Kopf im Wasser sieht.» Hätten die Forscher dieses Problem gelöst, könnten ähnliche Katamarane auch in anderen Seen zu Forschungszwecken eingesetzt werden. Vorerst allerdings muss Hitz das Boot noch von Hand einparken. Mit eingespielten Bewegungen steuern die Doktoranden ihre beiden Boote wieder in das kleine Hafengebäude. Rund eineinhalb Stunden waren sie auf dem Wasser. «Jetzt müssen wir erst einmal die Batterien von «Lizhbeth» wieder aufladen», sagt Hitz. Den Sensor nimmt er auch gleich mit. Er wird separat gelagert, da die Forscher ihn vor jeder Fahrt neu kalibrieren müssen. Schon morgen wird «Lizhbeth» wieder für eine neue Forschungsfahrt in See stechen.

# Lernen und leben an der ETH





Die ETH steht für exzellente Ausbildung und ihre Reputation im In- und Ausland ist enorm. Doch wie sehen Studierende selbst ihre Hochschule? Ein Gespräch mit Alice Bertram, Andreas Ritter und Lukas Widmer über gute Ausbildung, Mitbestimmung und ihre Pläne für die Zukunft.

Thomas Langholz



Andreas Ritter studiert Elektrotechnik. Im Elektrolabor sind alle Geräte zum Schutz der Messelektronik in einem faradayschen Käfig untergebracht. (Bild links) Abends in der WG essen Andreas, Lukas und Alice, so oft es geht, zusammen. (Bilder: Nathan Beck)



**«An der ETH haben die Studierenden eine grosse Mitbestimmung. Wir analysieren und lösen Probleme gemeinsam.»**

*Andreas Ritter, 10. Semester Elektrotechnik*



**«Nach der Basisprüfung wird es nicht leichter, aber man hat sich dann schon an das Level gewöhnt.»**

*Alice Bertram, 1. Semester Physik*



**«Durch die internationale Zusammensetzung der Studierenden ist das Niveau im Master nochmals gestiegen.»**

*Lukas Widmer, 10. Semester Bioinformatik*



**E**ine Siedlung von Neubauten in Neu-Oerlikon, einem Stadtteil von Zürich. Hier betreibt die Studentische Wohngenossenschaft «Woko» einige Wohngemeinschaften für Studierende. Moderne, helle Zimmer, ein Gemeinschaftsraum und eine Küche, die sich alle teilen. In einer dieser Wohngemeinschaften leben die Physikstudentin Alice, 19, Lukas, 24, Bioinformatiker im Masterstudium, und Andreas, 25, Elektrotechniker im Masterstudium. Zwei Mitbewohner sind heute nicht da – es sind Semesterferien. Die Freundin von Andreas aus Arizona ist gerade zu Besuch. Während Andreas und Lukas schon im 10. Semester studieren, hat Alice gerade erst mit dem Studium angefangen. Die Düsseldorferin steckt mitten in der Basisprüfung nach dem ersten Studienjahr. Warum sie an die ETH gekommen ist? «Es war eher eine Bauchentscheidung, als Schüler kann man es nicht wirklich beurteilen», sagt die junge Studentin. Sie hat sich an verschiedenen Universitäten beworben und einige Hochschulen angeschaut. «Sag doch einfach, weil die ETH so gut im Ranking ist», feixen Lukas und Andreas. Der internationale Ruf der ETH war auch ein Auswahlkriterium, aber nicht nur. Ihr Vater hat sie darin bestärkt, in Zürich zu studieren. Er sagte ihr, dass es bestimmt anstrengend werden würde, aber warum sollte sie es woanders probieren, wo sie doch das Beste haben könne. Bereut hat sie ihre Entscheidung bis jetzt nicht. Auch wenn sie die Vorhersage ihres Vaters mittlerweile verstehen kann: Drei Prüfungen hat sie schon absolviert – und die waren in der Tat anstrengend. Zwei hat sie in den nächsten Tagen noch vor sich.

### Harte Prüfung

Die Basisprüfung an der ETH ist berühmt-berüchtigt. Sie ist das eigentliche Eingangstor zur Hochschule. Nach einem Jahr wird jeder Studierende in mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern geprüft. Die Durchfallquote liegt je nach Studienfach und Jahr zwischen 30 und 55 Prozent. Auf diese Prüfung bereiten sich die Studierenden ein Jahr lang vor. «Heute bin ich schon ziemlich früh zu Hause, sonst lerne ich von 8.30 Uhr bis 22 Uhr», sagt sie. Andreas und Lukas können das bestätigen. Auch sie haben fast rund um die Uhr für diese Prüfung gelernt. Jeder nach seinem Rhythmus: Während der Informatiker Lukas eher ein Nachtmensch ist und bis vier Uhr nachts gebüffelt hat, sass Andreas schon früh morgens vorm Computer. «Das Wichtigste,

was jeder Studierende in den ersten zwei Jahren herausfindet, ist, wie man wirklich lernt», sagt Andreas. Doch die Vordiplom-Prüfung bedeutet nicht nur einen enormen Lernaufwand. Sie hat für Andreas auch eine andere Wirkung: «Sie schafft ein enormes Zusammengehörigkeitsgefühl. Du gehörst dann zu denen, die es geschafft haben. Wer dort durchgekommen ist, ist besser als die Hälfte gewesen und für das zweite Jahr muss man dann nochmals besser sein als die Hälfte, die dann noch übriggeblieben ist.» Auch danach bleiben die Anforderungen hoch. Alice hat von älteren Semestern gehört, dass es nach der Prüfung nicht leichter wird. «Aber dann hat man hat sich ja schon an das Level gewöhnt.»

### Grosse Mitbestimmung

Anscheinend kümmern sich ETH-Studierende vor allem ums Lernen. Während Studenten im Jahr 2009 an anderen Hochschulen in Europa protestierten und Vorlesungssäle besetzten, war davon an der ETH nichts zu spüren. Sind ETH-Studierende per se unpolitisch? Dem widerspricht Andreas, der einige Jahre in der Hochschulpolitik aktiv war, energisch: «An der ETH wird vor allem Realpolitik betrieben, es geht mehr um das Analysieren und Lösen von Problemen. Hier können auch die Studierenden sehr stark mitwirken. Bei einem Problem setzt man sich lieber zusammen, statt einen Hörsaal zu besetzen.» Er findet es sehr positiv, dass in der Hochschulversammlung schon per ETH-Gesetz alle Stände vertreten sein müssen und an den Geschäften mitwirken können. «Die Studierenden sind per Reglement schon im Departement an vielen Gremien beteiligt, wie etwa der Unterrichtskommission oder der Departementskonferenz. Und einmal pro Monat trifft sich der Studierendenverband mit der Rektorin.» Im Vergleich zu anderen Hochschulen ist diese Mitwirkung seiner Meinung nach einmalig in der Schweiz, wenn nicht sogar in Europa. Selbst die Vorlesungen werden von den Studierenden bewertet. «Eine Vorlesung im zweiten Semester war nicht gut. Dann haben sich der Professor, alle Hilfsassistenten und die Studierenden zusammengesetzt und eine gute Lösung gefunden. Auch das Vorlesungsmaterial ist jetzt viel besser», sagt Lukas. Für Andreas hat sich sein hochschulpolitisches Engagement ausgezahlt. Neben guten Freunden hat er auch etwas «fürs Leben gelernt». Er kann jetzt in Verhandlungen seine Argumente viel besser vertreten und ist bei Vorträgen nicht mehr so nervös wie

früher. Auch Alice ist von ihrem Mitbewohner schon angesteckt worden und hat bereits in der Hochschulpolitik des Fachvereins mitgemacht. Nach der Basisprüfung möchte sie sich weiter im Verein der Mathematik- und Physikstudierenden engagieren.

Alle drei empfinden die hohe Internationalität der Studierenden an der ETH als Vorteil. Für Lukas hat sie das Studium aufgewertet: «In der Bioinformatik kommen 80 Prozent meiner Kollegen aus dem Ausland. Durch die internationale Zusammensetzung im Master ist das Niveau nochmals gestiegen.» An den Hochschulen ihrer Freunde in Deutschland kommen die Studierenden oft aus der unmittelbaren Umgebung und wohnen noch zu Hause, erzählt Alice. «Die Leute, die hier sind, haben mehr gewagt, da sie von zu Hause weggegangen sind. Das verändert die Atmosphäre positiv.» Andreas gibt aber zu bedenken, dass die ETH darauf achten müsse, die Qualität der Ausbildung zu erhalten. Denn nicht alle Studienkollegen aus dem Ausland brächten alle Voraussetzungen für das «ETH-Niveau» mit, wie er aus eigener Erfahrung in seinem Studium wisse. So müssten immer mal wieder Vorlesungen angepasst werden.

### Die Zukunft ist rosig

Doch was kommt nach dem Studium? Die Zukunft macht den ETH-Studierenden keine Angst. Lukas ist überzeugt: «Du kannst dir den Job aussuchen, der dir gefällt.» Er macht gerade seinen Master, weiss aber noch nicht, was er danach machen will. «Entweder ein Doktorat oder ich gehe in die Pharmaindustrie. In unseren Studiengängen Elektrotechnik, Informatik und Physik findet eher der Job dich.» Andreas hat sich einen Praktikumsplatz bei ABB Micafil gesucht. Ob er danach in der Industrie bleibt oder ein Doktorat anschliesst, hängt von den Angeboten ab. Für ihn steht allerdings fest, dass er nach dem Studium erst einmal in ein Ingenieurbüro gehen will, wo er noch «Mathe machen kann und nicht nur Powerpoint-Folien für das Management». Nach seiner Erfahrung entwickeln sich viele Studierende im Masterstudium; ihre Interessen verändern sich, gehen in ganz unterschiedliche Richtungen: «Manche wollen eher in grosse Firmen und streben eine Position im Management an. Andere interessieren sich eher für ein KMU, da sie lieber in ihrem Fachbereich arbeiten möchten.»

Die Möglichkeiten für ETH-Studierende sind ganz offensichtlich vielfältig.



# «Forschungsnahes Studium statt Massenausbildung»

Sie möchte zu besonderen Leistungen motivieren. ETH-Rektorin Heidi Wunderli-Allenspach erklärt im Interview, wie die ETH Zürich die Exzellenz ihrer Ausbildung sichert, unter welchen Voraussetzungen ausländische Studierende gut für den Wettbewerb sind und weshalb die Bologna-Reform den ETH-Studierenden mehr Freiheit gebracht hat.

Interview: Martina Märki und Thomas Langholz  
(Bilder: Nathan Beck)

**D**ie ETH Zürich ist als Forschungsinstitution bekannt, aber auch als hervorragende Ausbildungsstätte.

**Womit verdient sich die ETH Zürich ihren guten Ruf in der Lehre?**

*Heidi Wunderli-Allenspach:* Sie haben zuerst die Forschung, dann die Lehre genannt. Genau genommen müssten Sie beides zusammen erwähnen. Der Grundsatz, dass Lehre und Forschung untrennbar zusammengehören, ist prägend für die Haltung der ETH Zürich und macht ihre Besonderheit aus.

**Was bedeutet das konkret?**

Die Studierenden werden schon in den Grundlagenvorlesungen ab dem ersten Semester von Persönlichkeiten unterrichtet, die auch Hervorragendes in der Forschung leisten. So werden unsere Studierenden von Anfang an forschungsnah ausgebildet. Gleichzeitig kommen aus dem Unterricht immer neue Impulse für Lehrmethoden und Lehrtechnologien. Um diese Entwicklungen systematisch zu unterstützen, haben wir sowohl Fachpersonen in der zentralen Einheit «Lehrentwicklung und -technologie» als auch Lehrspezialisten in den Departementen.

**Eigentlich könnten Sie sich ja zufrieden zurücklehnen. Die Studierendenzahlen sind in den letzten zehn Jahren um rund 50 Prozent gestiegen...**

Meine Zufriedenheit misst sich nicht an Studierendenzahlen, auch wenn es mich freut, dass so viele junge Leute Interesse an einer Ausbildung an der ETH haben. Aber leider steigt das Budget nicht in gleichem Masse wie die Studierendenzahlen. Tatsächlich ist das Budget im gleichen Zeitraum nur um knapp ein Prozent pro Jahr gestiegen. Da öffnet sich die Schere immer stärker.

**Können die fehlenden Gelder nicht durch Drittmittel ersetzt werden?**

Drittmittel lassen sich in der Forschung einwerben und einsetzen; das macht die ETH Zürich sehr erfolgreich. Drittmittel kommen aber nur zu einem sehr kleinen Teil der Lehre zugute. In den letzten Jahren haben wir viel unternommen, um mit stagnierenden Mitteln die Studierenden bestmöglich zu betreuen. Denn wir wollen mehr Ingenieure und Naturwissenschaftler ausbilden, weil die Gesellschaft sie braucht. Wenn wir junge Studierende an unsere Hochschule rufen, möchten wir ihnen auch eine gute Ausbildung

mitgeben. Die jetzige Situation macht mir Sorgen. Auf Dauer muss kritisch über eine Wachstumsstrategie nachgedacht werden.

**Verglichen mit deutschen Hochschulen sehen Betreuungsverhältnisse an der ETH noch sehr gut aus. An deutschen Hochschulen kommen durchschnittlich 53 Studierende auf einen Professor, an der ETH sind es 39.**

Natürlich kann man immer sagen, wir jammern auf hohem Niveau. Aber zusammen mit Lausanne sind wir die einzige technische Hochschule des Landes und haben die Aufgabe, die jungen Leute bestmöglich auszubilden. Die ETH bietet kein Massstudium, sondern eine forschungsnah Ausbildung. Dazu gehören Übungen in Kleingruppen, genügend Laborarbeitsplätze und persönliche Betreuung. Im Übrigen gibt es beim Betreuungsverhältnis markante Unterschiede zwischen den Studiengängen.

**Können neue Lehrmethoden wie zum Beispiel E-Learning über Engpässe hinweghelfen?**

E-Learning ist ein Instrument unter vielen. Für sich allein genügt es nicht. Es dient auch nicht dazu, sich verschlechternde Betreuungsverhältnisse zu kompensieren. Man muss ein Reagenzglas wirklich einmal in der Hand gehabt haben und auch mit Leuten aus Fleisch und Blut diskutieren können. E-Learning kann das ergänzen, aber nicht ersetzen. Wir haben über die letzten Jahre viele Erfahrungen gesammelt und dabei gesehen, was E-Learning kann und was es nicht kann. Heute sagen wir: Innovative Lehre geht weit über E-Learning hinaus.

**Die Schweiz ist bei ausländischen Studierenden sehr beliebt. Braucht die ETH eine Zulassungsbeschränkung?**

Die kantonalen Universitäten können schon heute für bestimmte Studiengänge Kapazitätsgrenzen festlegen. Ein Gutachten der Rektorenkonferenz der Schweizer Universitäten zeigt auf, dass auch für EU-Bürger Kapazitätsgrenzen geltend gemacht werden können. Wir möchten dies auch im ETH-Gesetz verankern, streben aber keinen Numerus clausus an. Für bestimmte Studiengänge, wo wir Kapazitätsgrenzen haben, müssen wir aber Limiten bei der Aufnahme setzen können.

**Sind die Zulassungsprobleme im Bereich Masterstudiengänge vergleichbar mit denen im Bachelorstudium?**

Nein. Für das Bachelorstudium ist die Zulas-

sungsbedingung die Maturität. Aus dem Ausland interessieren sich vor allem Leute aus dem deutschsprachigen Raum für ein Bachelorstudium an der ETH, da die Studiengänge auf Deutsch unterrichtet werden. 15 Prozent der Studienanfänger haben einen ausländischen Leistungsausweis. Sie kommen hauptsächlich aus Deutschland, Österreich oder Luxemburg. Bei diesen Bewerbungen analysieren wir das Abitur zum Beispiel darauf hin, welche Fächer belegt wurden, und lassen bei Bedarf eine Aufnahmeprüfung machen.

**Wie ist die Situation auf der Masterstufe?**

Die Bologna-Reform hat den Hochschulraum Europa transparenter gemacht, eigentlich wieder erschaffen, unter anderem durch die flächendeckende Einführung der gestuften Studiengänge. Dennoch gilt, dass Bachelor nicht gleich Bachelor ist. Es gibt also grosse qualitative Unterschiede. Hinzu kommt ein quantitatives Problem: 2010 haben sich 2600 externe Studierende für das Masterstudium beworben, davon 90 Prozent aus dem Ausland. Das waren doppelt so viele wie die ETH-Studierenden, die ins Masterstudium übertreten. Um die Qualität des Studiums zu sichern, müssen wir hier gezielt auswählen.

**Wie gehen Sie bei der Auswahl der von extern kommenden Masterstudierenden vor?**

Damit das Zulassungsverfahren möglichst transparent ist, haben wir für alle Studiengänge detaillierte Anforderungsprofile formuliert und prüfen jedes Bewerbungsdossier in Bezug auf diese. Zudem sammeln wir Erfahrungen mit den von extern Zugelassenen hinsichtlich ihres Studienerfolges an der ETH.

**Wie hoch ist der Anteil ausländischer Studierender?**

Im Bachelor-Studium haben zurzeit 85 Prozent der Studierenden eine Schweizer Maturität. Unter den Masterstudierenden haben knapp zwei Drittel ihren Bachelorabschluss bereits an der ETH erworben und rund ein Drittel kommt von ausländischen Hochschulen. Bei den Doktorierenden war der Ausländeranteil schon immer viel höher und liegt zurzeit bei 60 Prozent. Ich denke, wir haben auf allen Stufen bereits ein gutes Verhältnis verschiedener Nationalitäten.

**Diese Durchmischung ist also erwünscht?**

Ganz klar; sie fördert den Wettbewerb. Die



*«Von den internationalen Studierenden profitiert die Schweizer Wirtschaft, und diejenigen, die in ihre Heimat zurückkehren, sind dort Botschafter für unser Land.»*

*Heidi Wunderli-Allenspach,  
Rektorin der ETH Zürich*

Schweizer Studierenden werden anderen Kulturen ausgesetzt und die Schweizer Wirtschaft profitiert von guten Köpfen aus dem Ausland. Selbst wenn die Absolventen wieder in ihre Heimat zurückkehren, sind sie dort gute Botschafter für unser Land und unsere Hochschule.

**Gute Köpfe gewinnt man nicht nur durch Selektion, sondern auch durch Förderung. An der ETH Zürich gibt es das «Excellence Scholarship and Opportunity Programme». Welche Erfahrungen haben Sie damit gemacht?**

Die allerbesten! Wir unterstützen seit vier Jahren hervorragende Masterstudierende mit Leistungsstipendien, und es ist für mich immer eine besondere Freude, diese jungen Leute persönlich kennenzulernen. Inzwischen sind es 84 Stipendiaten, ein Drittel davon kommt aus der Schweiz. Ein Drittel der Scholars sind Frauen. Wir möchten zu hervorragenden Leistungen anspornen und diese auch belohnen.

**Wie werden diese Leistungsstipendien finanziert?**

Finanziert werden die Stipendien nach ame-

rikanischem Vorbild durch Donationen. Zur Finanzierung arbeiten wir mit der ETH Zürich Foundation und den ETH Alumni zusammen, und die Bereitschaft, das Stipendienprogramm zu unterstützen, ist sehr gross. Die Stipendiaten ihrerseits werden durch die Anerkennung zusätzlich motiviert und reissen dadurch auch ihre Studienkolleginnen und -kollegen mit.

**Nach welchen Kriterien werden Dozierende evaluiert?**

Eine Unterrichtsbeurteilung gibt es an der ETH seit etwa 20 Jahren. Wir evaluieren regelmässig drei Aspekte der Lehre: Die Motivation des Dozenten oder der Dozentin, die Klarheit und Strukturiertheit des Unterrichts und die Sprache. Bei unserer internationalen Professorenschaft kann es vorkommen, dass einige eher wenig Deutsch können und die anderen nicht so gut in Englisch unterrichten. In Ergänzung zu dieser schriftlichen Unterrichtsbeurteilung und auf Anregung der Studierenden haben wir ein mündliches Feedback eingeführt. Beauftragte Studierende geben den Dozierenden während des Semesters Rückmeldung, zum Beispiel ob die

Skripte mit dem Stoff in Vorlesungen übereinstimmen.

Im Zusammenhang mit Lehrqualität wird auch oft von «Learning Outcomes» geredet. Man spricht oft von Learning Outcomes und meint aber Learning Output. Dann werden Zahlen wie die Anzahl der neu eintretenden

zu neu ist, um damit längere Erfahrungen in der Industrie zu sammeln. Wir bekommen aber positive Signale. Im Vergleich zum Diplomstudium verfügen unsere heutigen Studierenden über mehr Erfahrung in Projektarbeit und Projektmanagement. Auch die engere Einbindung von Managementwissen und Sozial- und Geisteswissenschaften wirkt sich positiv aus. Die Einführung des Bologna-Systems hat an vielen Fakultäten der Universitäten zu einer stärkeren Verschulung geführt, an der ETH aber, die traditionell sehr straff organisiert war, eher zu einer Öffnung der Studiengänge. Das hat uns einen grossen Schub gegeben.

**Wie sorgen Sie dafür, dass die Curricula an die Bedürfnisse der Gesellschaft angepasst sind?**  
Wir bilden unsere Studierenden nicht für die nächsten zwei bis drei Jahre aus, sondern in Hinblick auf die nächsten zehn oder zwanzig Jahre. Gute Professorinnen und Professoren zu berufen ist die beste Garantie für den permanenten Erneuerungsprozess in der Lehre. Die Erneuerung findet sowohl in den Fachgebieten als auch fächerübergreifend statt. So gibt es den Masterstudiengang für «Robotics, Systems and Control», der von Informatik, Elektrotechnik und Maschinenbau getragen wird. Sehr aktuell ist auch der departementsübergreifende Masterstudiengang «Biomedical Engineering», für den wir sehr viele Anmeldungen haben – darunter viele Frauen. Ich bin aber dagegen, für jede neue Entwicklung einen neuen Studiengang zu eröffnen.

**Wie stehen Sie als Rektorin zur Frauenförderung. Ist sie notwendig oder ein alter Zopf?**  
Ich wünsche mir natürlich, dass wir mehr Professorinnen haben. Solange aber in den Studiengängen der Ingenieurwissenschaften nur zehn Prozent Frauen studieren, können wir nicht davon ausgehen, anschliessend viele Professorinnen zu finden. Wir sollten deshalb über das Kompetenzzentrum Lehren und Lernen, an dem wir Mittelschullehrer ausbilden, Akzente setzen und Lehrerinnen und Lehrer dafür sensibilisieren, Mädchen für Naturwissenschaft und Technik zu begeistern. Denn die wichtigen Weichen zur Frauenförderung werden nicht erst an der ETH, sondern bereits in der Schule gestellt.



## Heidi Wunderli-Allenspach

Heidi Wunderli-Allenspach studierte Biologie an der ETH Zürich. Nach ihrer Promotion arbeitete sie zwei Jahre an der Duke University in Durham N.C., USA. 1986 wurde sie Assistenzprofessorin und 1992 Professorin für Biopharmazie an der ETH Zürich. Seit September 2007 ist sie als Rektorin der ETH Zürich für die Lehre auf allen Stufen verantwortlich.

Studierenden, Anzahl Abschlüsse in der Regelstudienzeit und ähnliche Daten vergleichen, und das hat mit Qualität nichts zu tun. Wird von Learning Outcomes gesprochen, geht es um die Frage, was Studierende können. Was sind ihre Befähigungen und Kompetenzen? Um dies herauszufinden, befragen wir in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Statistik alle zwei Jahre die Absolventinnen und Absolventen.

**Woher wissen Sie, dass die Lehre an der ETH den Studierenden das richtige Wissen vermittelt?**

Die Absolventenbefragungen zeigen, dass 85 bis 90 Prozent unserer Studienabgänger innerhalb weniger Monate eine Stelle haben. Die Rückmeldungen aus der Industrie und der Wirtschaft bescheinigen unseren Studierenden ausgezeichnete Fachkenntnisse.

**Und wie sind die Rückmeldungen in Bezug auf das Bachelor-Master-System?**

Hierzu fehlen uns noch aussagekräftige Aussagen, weil das Bachelor-Master-System noch

# Neue Ideen für die Lehre

**Klasse statt Masse: Wie kann die Qualität der Lehre trotz steigender Studierendenzahlen verbessert werden? ETH-Globe stellt drei exemplarische Projekte aus dem Lehrkosmos der ETH Zürich vor.**

Samuel Schläfli

Minimalistisch, elegant und federleicht wirken die beiden Geflechte aus zusammengesteckten und -geschraubten Holzlatten auf dem Rasen vor dem ETH-Architekturdepartement. Die Holzkonstruktionen schützen weder vor Wind, Regen noch vor Sonne; dafür machen sie Konstruktionslehre und Ästhetik begreif- und erlebbar. Die sogenannten Hebelstabsysteme sind die Früchte eines ausserordentlichen Lehr-Engagements an der Professur für Architektur und Konstruktion von Annette Spiro.

Begonnen hat alles mit einem Forschungsprojekt: Spiros Assistent Udo Thönnissen befasste sich mit der Weiterentwicklung von historischen Konstruktionstechniken, unter anderem auch mit Hebelstabsystemen. Damit lassen sich aus vielen kleinen Holzstäben stabile Bögen bauen. Schon Leonardo da Vinci war fasziniert von dieser Technik, doch geriet sie später in Vergessenheit, obwohl gerade die Kombination mit neuen Technologien interessante Möglichkeiten für nachhaltiges

Bauen bietet. Mitarbeiter Nik Werenfels entwickelte ein Computerprogramm, mit dem sich solche Strukturen am Computer entwerfen und deren Einzelteile berechnen lassen. Anschliessend brachten beide Assistenten das Thema in eine Seminarwoche ein: Die Studierenden sollten das System analysieren, testen und weiterentwickeln.

## **Lehre, Forschung und Praxis**

«Die Modelle, die daraus hervorgingen, waren beeindruckend und lösten viel Echo am Departement aus», erinnert sich Annette Spiro. «Mir wurde plötzlich bewusst, dass die Hebelstabsysteme nicht nur für die Forschung viel Potenzial bergen, sondern auch für die Lehre.» Sie entwickelte ein neues Lehrmodell und schrieb das Thema als Wahlfach aus. Heute wird es im Rahmen von «Innovedum», der Projektförderung für Lehrinnovationen an der ETH, von der Schulleitung unterstützt. «Das gesamte Architekturstudium setzt sich ja eigentlich aus dem Projek-

tieren von Bauten zusammen», sagt Spiro. «In unserem Wahlfach sollten die Studierenden die Gelegenheit erhalten, etwas Konkretes zu bauen und durch ihre Erfahrungen gleichzeitig die Forschung zu Hebelstabsystemen voranzutreiben.»

Bis heute haben die Studierenden im Gelände des Architekturdepartements auf dem Höggerberg ein experimentelles Tragwerk und eine Pergola realisiert. Beides sind temporäre Bauwerke ohne konkrete Funktion. Das soll sich ändern: Der emeritierte Architekturprofessor Werner Oechslin war von den organischen Geflechten dermassen begeistert, dass er von den Studierenden für seine Bibliothek in Einsiedeln eine Überkuppelung der Treppe konstruieren lässt. Und die Villa Hatt, ein gepflegtes Gästehaus im Besitz der ETH Zürich, lässt von den Studierenden seine ursprüngliche Pergola in Form eines Hebelstabsystems wieder aufbauen. Dafür werden sie bei der Stadt Baueingaben einreichen, Pläne zeichnen und zum Teil noch lange



Aus vielen kleinen Holzstäben lassen sich stabile Bögen bauen. Architekturprofessorin Annette Spiro und ihr Assistent Udo Thönnissen freuen sich am Schattenspiel der experimentellen Konstruktion, die ihre Studierenden mit dieser Technik realisiert haben. (Bild: Nathan Beck)



über das Wahlfach hinaus an der Realisierung ihres ersten gebauten Werks tüfteln. Konkreter und motivierender kann Lehre fast nicht sein.

#### **Effizienter dank E-Learning**

Neben Projekten, die Lehre und Forschung enger miteinander verflechten, fördert die Schulleitung auch Initiativen zur Effizienzsteigerung und zum Testen neuer Lehrformen. Darunter das E-Learning-Angebot «Lemuren» am Departement Mathematik. Jahr für Jahr stemmt das Departement eine Herkulesaufgabe: Als Dienstleister versorgt es rund 6000 Studierende aus zehn verschiedenen Departementen mit 20 unterschiedlichen Basisvorlesungen.

Ob ein Studium in Biologie, Chemie, Umweltwissenschaften oder Maschinenbau – für die meisten ETH-Studierenden führt zumindest im Grundstudium kein Weg an der Mathematik vorbei. Bei einem konstanten Zuwachs von Studierenden während der vergangenen zehn Jahre, insbesondere in den Ingenieur- und Naturwissenschaften, nahm auch die Belastung für das Departement Mathematik zu. Obwohl das Betreuungsverhältnis der Studierenden im internationalen Vergleich noch immer hoch ist, konnte die Anzahl neu eingestellter Professoren und Dozenten nicht mit dem Studierendenzuwachs mithalten. «Will man die Qualität der Lehre trotzdem auf hohem Niveau halten und so viel Lehrzeit wie möglich in die Betreuung der Studierenden investieren, muss die Lehre effizienter gestaltet werden», sagt Alexander Caspar, Projektleiter am Departement Mathematik. «Speziell diejenigen Teile davon, die keine persönliche Betreuung erfordern.» Er hat sich deshalb 2006 mit Kollegen am Departement Gedanken dazu gemacht, wie E-Learning departementsweit die Lehre unterstützen kann.

Einzelne E-Learning-Angebote für Studierende hatte es bereits zuvor gegeben, doch oft waren dies Initiativen, die untereinander nicht abgestimmt waren. Caspar lancierte deshalb das Projekt «Lernen multimedial am Departement Mathematik» (Lemuren). «Unser System sollte von allen Dozierenden ohne aufwändige Einarbeitung und beträchtlichen Mehraufwand genutzt werden können», erzählt Caspar. Lemuren basiert deshalb auf LaTeX, einer Standardsoftware für das Erstellen von Publikationen in Mathematik und Naturwissenschaften. LaTeX war auch ein



Eine Pergola wie diese werden die Studierenden auch für die Villa Hatt, das Gästehaus der ETH Zürich, bauen. (Bild: Nathan Beck)

Garant dafür, dass die mathematischen Symbole auf den Webseiten später in bester Qualität angezeigt wurden.

Heute gestalten Professoren und Dozenten am eigenen PC über ein Standardformular Multiple-Choice-Fragebögen mit Illustrationen und den dazugehörigen Lösungen zu Themen wie lineare Algebra oder Analysis. Das Lemuren-Team übernimmt die Distribution. Danach sind sämtliche Schritte automatisiert. Der Prozess beginnt damit, dass jeder für Vorlesungen eingeschriebene Studierende eine E-Mail erhält, mit deren Hilfe er die Übungen ausdrucken kann. «Damit können Studierende die Aufgaben bei Bedarf auch in der Badi lösen», wie Caspar sagt. Gleichzeitig enthält die E-Mail einen Link zur internetbasierten Lemuren-Übungsplattform. Nach dem Abgabetermin werden die Aufgaben automatisch korrigiert. Anschliessend wird das Ergebnis und eine Statistik zur Fehlerquote bei den Kommilitonen jedem Studierenden zugeschickt. «Das hilft den Studierenden, sich selbst einzuschätzen, und wirkt motivierend», ist Caspar überzeugt. Doch auch die Lehrpersonen profitieren von der Statistik: Sie dient ihnen für die Evaluation des eigenen Unterrichts.

Heute wird Lemuren auch am Departement für Informationstechnologie und Elektrotechnik der ETH Zürich genutzt, und die Universität Bielefeld hat das E-Learning-System ebenfalls eingeführt. Aktuell wird das Projekt im Rahmen von Innovedum gründlich evaluiert. Caspar will untersuchen, welche Inhalte und didaktischen

Konzepte zu einer höheren Akzeptanz bei den Studierenden führen und damit zu einem erfolgreichen Lernen beitragen.

#### Sichere Online-Prüfungen

Während Lemuren bislang einzig für Übungsaufgaben eingesetzt wird, geht das Departement Informatik mit ihrem E-Learning-Tool «Secure Interactive Online eXam» (Sioux) noch einen Schritt weiter: Seit zwei Jahren führt das Departement damit Prüfungen für jährlich rund 600 Studierende am Computer durch. Kein einfaches Unterfangen, denn juristisch steht die Schule im Fall eines Rekurses in der Beweispflicht. Sie muss belegen können, wie das Prüfungsergebnis zustande gekommen ist. «Bei einer schriftlichen Prüfung ist das kein Problem; der Student bestätigt mit seiner Unterschrift, dass die Daten von ihm stammen. Bei einer elektronischen Prüfung ist das hingegen schwierig», sagt Markus Dahinden, Projektleiter von Sioux am Departement Informatik. Er und seine Kollegen schauten sich 2008 vergeblich auf dem Softwaremarkt nach einem System um, das über geeignete technische Möglichkeiten zur Beweisführung verfügte. Deshalb entwickelten sie ein eigenes System mit digitalen Signaturen, mit dem sich der Prüfungsablauf nahtlos dokumentieren lässt.

Über asymmetrische Kryptographie wird bei Sioux für jeden Prüfling ein individuelles Schlüsselpaar generiert, mit dem seine Antworten während der Prüfung signiert werden. Dadurch können weder Studierende

noch Mitarbeiter des Departements nachträglich ein Prüfungsergebnis ändern, ohne dass dies an der Kennzeichnung des gespeicherten Datenpakets sofort ersichtlich wird. Zudem werden eventuell verloren gegangene Antworten dank mitsignierter Laufnummern erkannt. Heute unterstützt Sioux neben Multiple-Choice- auch fallbasierte Prüfungsfragen und wird am Departement zusätzlich für die Prüfungsvorbereitung im Unterricht genutzt.

Und was ist, wenn während der Prüfung plötzlich die Internetverbindung ausfällt? Sioux habe in diesem Fall gegenüber anderen Systemen einen bedeutenden Vorteil, beteuert Dahinden: Weil die Daten lokal auf dem Computer zwischengespeichert würden, könne die Prüfung bei einer Überlastung oder Störung des Netzwerks ohne Unterbrechung fortgesetzt werden. «Ist die Verbindung wieder intakt, werden die Antworten mit dem Server synchronisiert, ohne dass der Student etwas davon merkt.»

Auch mühsame Verzögerungen während der Prüfung konnten mit Sioux ausgemerzt werden. Solche entstehen zum Beispiel, wenn alle Studierenden am Ende einer Prüfung rasch von Frage zu Frage klicken, um die Antworten noch ein letztes Mal zu kontrollieren. Bei traditionellen Systemen konnte das zu Überlastungen führen, die Webseiten bauten sich dann nur noch langsam auf – sicherlich das Letzte, was sich gestresste Prüflinge kurz vor der Abgabe ihrer Arbeit wünschen. Mittlerweile wird Sioux nicht nur an der ETH, sondern auch von mehreren Fachhochschulen genutzt. Und Anfang September 2011 wird ein auf dem Sioux-Sicherheitsstandard basierendes System bei der eidgenössischen Prüfung für angehende Ärzte eingesetzt. 770 Probanden werden dann zeitgleich an fünf verschiedenen Universitäten eine erste Pilotprüfung am PC ablegen.

Trotz aller technischer Unterstützung und Effizienzsteigerung dank Computer und Internet – die Qualität des Lehrangebots hängt nach wie vor in erster Linie vom Engagement des Lehrers ab. Da sind sich die beiden E-Learning-Experten Dahinden und Caspar mit der Architekturprofessorin Spiro einig.

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

# Am Puls der Zeit



In dieses neue Gebäude an der Zürcher Gloriosastrasse soll das D-HEST 2016 einziehen.  
(Visualisierung: Boltshauser Architekten)

Die Lehrverantwortlichen der ETH setzen nicht nur auf Bewährtes, wenn es darum geht, ihren Studierenden eine erstklassige Ausbildung zu bieten. Sie reagieren auch frühzeitig und flexibel auf gesellschaftliche Veränderungen – zum Beispiel mit dem neuen Studiengang «Gesundheitswissenschaften und Technologie». Das gleichnamige Departement, kurz D-HEST für «Health Sciences and Technology», wird im Januar 2012 offiziell gegründet. Der Studiengang hat bereits im jetzigen Herbstsemester begonnen und soll den Studierenden grundlegendes Wissen über den menschlichen Organismus vermitteln – vom ganzen Menschen bis hin zur zellulären und molekularen Ebene und unter Einbezug fundamentaler Konzepte der technischen Wissenschaften. Damit reagiert die ETH auf einen weltweiten Trend: Die Gesellschaft wird immer älter und dynamischer, und gesundheitsfördernde und -erhaltende Massnahmen werden immer wichtiger. Das D-HEST vereint Naturwissenschaftler und Ingenieure aus der Medizintechnik sowie den Ernährungs-, Bewegungs- und Neurowissenschaften, die eng miteinander und mit den Spitätern, insbesondere mit dem Universitätsspital Zürich, zusammenarbeiten werden. Davon erhofft sich die ETH ein grosses Synergiepotenzial. Die geballte Ladung an interdisziplinärem Wissen spiegelt sich auch im Studiengang wider, erklärt Studienkoordinator Roland Müller. «Im Bachelorstudium werden einerseits die Grundlagen in Natur- und technischen Wissenschaf-

ten gelegt, andererseits beinhaltet es sowohl fächerübergreifende als auch fachspezifische Lehrinhalte aus den Bereichen Bewegungswissenschaften und Sport, molekulare Gesundheitswissenschaften und Gesundheitstechnologien.»

Konkret beschäftigen sich die Bachelorstudierenden unter anderem damit, wie sich Alterung, Bewegung und Medikamente auf das System «Mensch» auswirken, sowie mit den molekularen Mechanismen von Krankheiten und den Anpassungen und der Reparatur biologischer Gewebe. Im Masterstudium werden dann, je nach gewählter Vertiefung, spezifische Themen der menschlichen Gesundheit behandelt, wobei das experimentelle wissenschaftliche Arbeiten im Vordergrund steht.

Die Berufsfelder für die Absolventinnen und Absolventen sind entsprechend vielfältig: Im biomedizinischen, medizintechnischen und pharmazeutischen Sektor dürften sie ebenso gefragt sein wie in der Gesundheitsförderung und -politik, dem Versicherungswesen, der Rehabilitations- und Arbeitsmedizin oder im Sport und Bildungswesen.

Die bisherige Zahl der Anmeldungen – bei Redaktionsschluss waren es 161 – belegt nicht nur das Interesse am neuen Studiengang, sondern zeigt auch eine erfreuliche Tendenz zugunsten eines höheren weiblichen Anteils unter den ETH-Studierenden: über 60 Prozent der Angemeldeten sind Frauen.

→ [www.hest.ethz.ch/education/hst](http://www.hest.ethz.ch/education/hst)

## Jederzeit und überall

Seit 2008 ist die ETH federführend an der Entwicklung der kostenlosen Software «Opencast Matterhorn» beteiligt. Damit können Vorlesungen und Veranstaltungen automatisch aufgezeichnet, verarbeitet und als Video- oder Audiomitschnitt auf unterschiedlichsten Kanälen, wie etwa Youtube oder iTunes, verbreitet werden. Das Projekt vereint zahlreiche Hochschulen aus Europa und Nordamerika. Bereits seit einigen Jahren können Dozierende und Studierende den Aufzeichnungsservice an der ETH nutzen und dadurch zeitlich flexibler lehren und lernen. Dieses Angebot wird sich ab 2012 dank «Opencast Matterhorn» noch verbessern. Dann können Studierende unter anderem aufgezeichnete Vorlesungen kommentieren und auf dem iPad anschauen.

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

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

## Eule für die Besten

Was für Schauspieler der «Oscar» ist für ETH-Dozierende die «Eule». Auch sie wird nur den Besten verliehen – von einer strengen Jury: Seit 2005 zeichnen die Mitglieder des Verbands der Studierenden an der ETH Zürich (VSETH) aus jedem Departement jeweils eine Person aus, die sich besonders für die Lehre und ihre Studierenden engagiert. Die «Goldene Eule» soll diesen Einsatz würdigen, aber auch die Prämierten dazu anspornen, ihre Lehrveranstaltungen weiterhin auf hohem Niveau zu halten. Anhand zusätzlicher Kriterien wird zudem eine oder einer der Prämierten für den mit 10 000 Franken dotierten «Credit Suisse Award for Best Teaching» nominiert.

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

## Kontrolle per Klick

Alles klar? Wenn nicht, erhalten ETH-Dozierende unmittelbar ein entsprechendes Feedback. Denn mithilfe des «Clicker» können sie überprüfen, ob ihre Studenten und Studentinnen den vermittelten Lehrstoff verstanden haben. Der Clicker ist ein kleines Gerät, mit dem Studierende während der Vorlesung auf Multiple-Choice-Fragen der Lehrenden antworten können. Die Resultate werden dann automatisch auf eine Leinwand projiziert. Fallen die Ergebnisse schlecht aus, weiss der Dozierende sofort, bei welchem Lernstoff er mehr Zeit investieren muss. Ausserdem sind die Studierenden deutlich aufmerksamer und motivierter.

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

A photograph of two young men in a laboratory setting. They are both wearing dark polo shirts. The man on the left is leaning over a table, looking intently at a complex mechanical assembly. The man on the right is standing behind him, smiling and looking at the same assembly. The assembly consists of several cylindrical components mounted on a metal frame. A laptop is open on the table in front of them, and the man on the left has his hand on the keyboard. The background is a bright, out-of-focus laboratory environment with a window and a red chair.

# Erfolgsmodell Maschinenbau

Das Departement für Maschinenbau und Verfahrenstechnik hat seine Lehre im Rahmen der Bologna-Reformen vor zehn Jahren grundlegend erneuert. Mit neuen Masterstudiengängen für Zukunftstechnologien, mehr Nähe zur Forschung und «project-based learning» stellten sich die Lehrverantwortlichen den Herausforderungen des 21. Jahrhunderts. Mit Erfolg: Die Anzahl der Studienanfänger hat sich seither verdreifacht.

Samuel Schläfli

In einem Fokusprojekt können Bachelorstudierende schon früh selbst ein Projekt verwirklichen – wie hier die Teammitglieder von «Traloc». Ihre Roboterschlange könnte eines Tages Erdbebenopfer aufspüren.  
(Bild: Nathan Beck)



Hätte man nicht extra nochmals nachgeschaut; man könnte glauben, die Telefonnummer der Studentenvertretung mit derjenigen des Studentenmarketings verwechselt zu haben: Michael Neunert, zuständig für Hochschulpolitik am Departement für Maschinenbau und Verfahrenstechnik (D-MAVT) beim Studentenverein AMIV, ist voll des Lobes für sein Departement: «Die Nähe zur Forschung ist einzigartig und in anwendungsorientierten Projekten lernt man früh, für die Praxis zu denken.» Zudem seien die Spezialisierungsmöglichkeiten am Departement und an Partneruniversitäten äusserst vielfältig, lobt Neunert, der aus Deutschland für ein Studium am D-MAVT nach Zürich kam. «Ich habe mir das Betreuungsverhältnis in den unterschiedlichen Hochschulen und die internationalen Rankings angeschaut. Danach fiel meine Wahl auf die ETH.» Als andere Studentenvertretungen, zum Beispiel an den Universitäten Zürich und Basel, Ende 2009 zur Rebellion gegen die Bologna-Reform aufriefen, blieb es an der ETH ruhig. «Wir vom AMIV sind in der privilegierten Lage, dass wir uns in erster Linie um die Betreuung der Studierenden kümmern können», sagt Neunert.

### Mehr Ressourcen für Bachelor-Ausbildung

Tatsächlich muss die Zufriedenheit der angehenden Maschinenbauer und Verfahrenstechniker mit dem Studium an der ETH gross sein: 96 Prozent der Studierenden, die ihren Bachelor nach drei Jahren abschliessen, bleiben auch fürs Masterstudium an der ETH. Dies, obwohl die Mobilität zwischen Hochschulen weltweit mit dem Bachelor-Master-System vereinfacht wurde und in Asien Dutzende neuer Universitäten mit attraktiven Masterstudiengängen entstanden sind. «Wir nehmen die Lehre an unserem Departement sehr ernst», sagt Ulrike Schlachter, Departementskoordinatorin des D-MAVT. Das spiegelt sich auch in der Verteilung der Ressourcen wider: Als die Departemente an der ETH Zürich 1999 ihre Budgets erstmals selbständig verwalten konnten, entschloss sich die Departementskonferenz des D-MAVT, den Professoren für die Grundausbildung – seit 2002 Bachelor genannt – mehr Mittel zur Verfügung zu stellen. Von der neuen Ressourcenverteilung profitierten vorwiegend die Vorlesungen zu Ingenieurgrundlagen, die heute zum Teil von über 500 Studierenden besucht werden. «Am D-MAVT haben wir das grosse Glück, dass viele Professoren die Studierenden mit ihrem Unterricht begeistern können», sagt

Schlachter und ist überzeugt: «Das macht die Lehre attraktiv und spricht sich herum.» Die Zahlen geben ihr recht: Die Anzahl neu eintretender Studierender hat sich in den vergangenen 15 Jahren mehr als verdreifacht. 2010 begannen 460 Studierende ihr Bachelorstudium. Hinzu kamen 233 Masterstudenten und 108 Doktoranden. Insgesamt zählt das D-MAVT heute beinahe 2000 Studierende.

Das war nicht immer so: 1996 war am D-MAVT mit 164 Studienanfängern ein historischer Tiefpunkt erreicht. Das Maschinenbaustudium der ETH Zürich schien an Glanz verloren zu haben. Das Bild von Maschinenbauern, die mit einem Schraubenschlüssel in der Hand und guten Ideen im Kopf monströse Maschinen konstruieren, war für viele Junge nicht mehr attraktiv. Mit der Deindustrialisierung der westlichen Gesellschaft in den vergangenen Jahrzehnten wandelte sich jedoch nicht nur das Image des Maschinenbauers, sondern auch das Berufsbild des Ingenieurs. Nicht mehr die Konstruktion von raumfüllenden Dieselmotoren, sondern neue Methoden zur nachhaltigen Energieumwandlung und Innovationen in der Nano- und Medizintechnik stehen nun im Vordergrund. Der Wandel bei den Professuren am D-MAVT spiegelt diesen Trend: Die Seilbahn-Technik lief 2002 aus, 2007 ebenso der Textilmaschinen-Bau, den die Fachhochschulen übernahmen. Neu hinzu kamen dafür Fachrichtungen wie Mikro- und Nanosysteme, Nanotechnik sowie Biomedizinische Technik. Robotik und Energietechnik wurden ausgebaut. Diese Änderungen schlugen sich thematisch auch in der Lehre nieder und führten zu neuen, spezialisierten Masterstudiengängen.

Um die Kunde von den neuen, zeitgenössischen Aufgaben der Ingenieure sowie der guten Lehre am D-MAVT in die Öffentlichkeit zu tragen, begann das Departement 2001 mit einem gezielten Marketing an Schulen. Heute besucht die Studienadministration auf Einladung von kantonalen Berufsberatungen hin Mittelschulklassen, um über die Inhalte und Zukunftsperspektiven eines Maschinenbaustudiums zu informieren. Zudem bietet das Departement den Schülern die Chance, sich an Schnuppertagen an der ETH gleich vor Ort ein Bild des potenziellen Lernumfelds zu machen und Labore zu besichtigen. Und wer es noch ein wenig genauer wissen will, der besucht anstelle des Skilagers eine «Engineering Week» an der ETH. Dort bauen die Schüler zum Beispiel einen Injektionssimulator,

betreut von Professoren, Doktoranden und Gymnasiallehrern.

Zur Begeisterung der Schüler für das Maschinenbau-Studium hat das Departement noch ein weiteres Highlight in petto: An den Maturandentagen der ETH werden die Produkte der sogenannten Fokusprojekte präsentiert; darunter ein solarbetriebenes Rennauto, ein fliegender Roboter und ein autonomes Segelboot. Die Fokusprojekte sind ein Unikat der D-MAVT-Lehre und waren 1996 als eine Form des damals in den USA propagierten «project-based learning» von Professor Markus Meier initiiert worden. Jeder Bachelorstudent hat im dritten Jahr die Wahl zwischen einer Fokusvertiefung mit Spezialisierungsvorlesungen und Übungen oder einem praxisbezogenen Fokusprojekt, das im Team realisiert wird. Flavio Heer, Dominique Hunziker und Santiago Droll gehören zu den rund 20 Prozent, die sich für ein Projekt entschieden haben. Hunderte von Stunden haben die drei Jungingenieure Anfang 20 mit drei Studienkollegen während des letzten Studienjahrs im LEO B8 verbracht, einem Werkraum von der Grösse einer kleinen Turnhalle, dessen Stahlträger und rostige Ketten an seine Vergangenheit als Werkstatt erinnern. Drei Teams haben hier bis vor kurzem noch gelötet, geschraubt, geklebt, programmiert und fantasiert. In einem mit Stellwänden vom restlichen Raum abgetrennten Eck heben Santiago und Flavio aus einer meterlangen Holzkiste «Traloc». So heisst ihre fünfgliedrige Schlange, auf allen Seiten mit Plastikraupen überzogen, die einst nach einem Erdbeben verschüttete Überlebende aufzuspüren soll.

### Roboter als Retter

«Am Anfang unseres Projekts stand nicht die Vorstellung eines bestimmten Roboters, sondern die Fragestellung: «Wie können wir mit einem technischen System zur Rettung von Erdbebenopfern beitragen?», erzählt Santiago. Das Team kontaktierte die Rettungskette der Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA) und traf bei einer Übung im Testgelände in Riedbach Experten, die von ihren Erfahrungen aus Erdbebengebieten erzählten. Das Traloc-Team entwickelte davon ausgehend die Idee eines selbst- oder ferngesteuerten Roboters, der die Retter bei der Suche nach Überlebenden unterstützen könnte. Etwas, was es auf dem Markt bis heute nicht gibt.

Aus den Gesprächen mit den Rettern erstellten die Studierenden einen Anforderungskatalog für ihren Roboter; unter anderem sollte er



Die Roboterschlange «Traloc» beim offiziellen «Rollout» der Fokusprojekte. (Bild: Tom Kawara)

durch ein Loch von 20 x 20 Zentimetern hindurchschlüpfen, eine Stufe von einem Meter hochklettern und einen Spalt von einem halben Meter überbrücken können. In unzähligen Brainstormings näherte sich das sechsköpfige Team der Technologie und der Form seines Rettungsroboters an: Ein schlangenartiges System mit mehreren Gelenken und autonomen Steuerungen für jedes Element sollte es werden. Zwei Monate blieb den Jungingenieuren, um ihre Maschine mittels «computer-aided design» (CAD) so zu konstruieren, dass ausgehend von den Berechnungen und Entwürfen alle nötigen Bauteile bestellt und angefertigt werden konnten. Eine technische Knacknuss war unter anderem die Konstruktion eines komplett neuartigen Gelenks mit zwei Freiheitsgraden für eine horizontale und vertikale Bewegung. «In dieser Zeit haben wir manchmal auch die Wochenenden durchgearbeitet», erinnert sich Santiago. Zu den technischen kamen damit auch zwischenmenschliche Herausforderungen hinzu. Nicht alle waren sich darüber einig, wie viel Zeit jeder für das Projekt einsetzen sollte. Eine grosse Aussprache löste die Spannungen schliesslich wieder.

#### Auf Tuchfühlung mit der Industrie

Nicht nur in die Konstruktion, sondern auch in die Suche nach Sponsoren stecken Fokusprojekt-Teilnehmer Jahr für Jahr unzählige Stunden. Den Hauptanteil der Finanzierung sollen die Studierenden selbständig organisieren. Diese Regelung animiert sie dazu, schon früh erste Erfahrungen in der Zusammenarbeit mit der Industrie zu sammeln. Nach stundenlangem Herumtelefonieren und der x-fachen Präsentation ihres Sponsorendossiers konnte das Traloc-Team am Ende die Firmen Ruag, ar-

masuisse, maxon motor, qualicut, ABB und LWB als Hauptsponsoren gewinnen. Die Unterstützung kam meist in Form von Material, darunter Motoren und Aufhängungen, oder in Form von Arbeiten, wie zum Beispiel dem Zuschneiden oder Eloxieren von Metallbestandteilen. So konnte das Team das Gesamtbudget von 44 000 Franken über Sponsoring stemmen, ohne zusätzliches Geld der Professur. «Das war unser Ziel und gab uns mehr Freiheit bei der Umsetzung», sagt Flavio nicht ohne Stolz. Mittlerweile konnten die Jungingenieure Traloc bei maxon motor vorstellen, sie erhielten am «Rollout», dem offiziellen Präsentationsanlass der Fokusprojekte, positives Feedback von ABB, holten sich bei Siemens einen Preis für den eleganten Einsatz einer Konstruktions- und Simulationssoftware und weckten bei Ruag Interesse, das Projekt weiterzuführen. Zwar konnte das Team am «Rollout» Ende Mai der Öffentlichkeit vorführen, dass ihr Roboter grundsätzlich funktioniert, doch gebe es für einen Einsatz in der Praxis noch einige Probleme zu lösen, sagt Dominique. Noch gibt es offene Fragen zur Steuerung, zur Robustheit und zur kabellosen Energieversorgung.

51 Studierende hatten sich 2010 für ein Fokusprojekt entschieden – so viele wie noch nie zuvor. Die Fokusprojekte, genauso wie das Departement MAVT als Ganzes, haben damit zurzeit vor allem ein Problem: Sie werden zunehmend Opfer des eigenen Erfolgs. Der Ansturm der letzten Jahre hat dazu geführt, dass Vorlesungen in Grundlagenfächern wie Thermodynamik, Dimensionieren oder Regelungstechnik wegen Platzmangels mit Videoaufnahmen in andere Hörsäle übertragen werden. Die Professoren tun, was sie können, halten Vorlesungen

wenn nötig auch zweimal am Tag oder in Auditorien mit 500 Studierenden.

Dimos Poulidakos ist seit August dieses Jahres Departementsvorsteher des D-MAVT und hält selbst Grundlagenvorlesungen zur Thermodynamik. Oft vor mehr als 350 Studierenden. «Damit ist für mich ein Maximum erreicht», sagt er. Bei weiterem Zuwachs müssten die Kapazitäten erhöht werden.

#### Hohe Qualität aufrechterhalten

Doch Poulidakos geht davon aus, dass der Studierendenzuwachs seinen Höhepunkt erlangt hat. In den beiden letzten Jahren hat der Ansturm bereits etwas nachgelassen. Das Departement werde sich in den nächsten Jahren vor allem darauf konzentrieren, die hohe Qualität des Studiums aufrechtzuerhalten. Dazu gehört für Poulidakos neben praxisbezogenen Projekten insbesondere in den ersten Jahren die Vermittlung von Ingenieurgrundlagen. «Diese befähigen unsere Studierenden, sich später immer wieder in neue Technologien und Forschungsbereiche einzuarbeiten.» Für eine gute Lehre sind für ihn vor allem zwei Faktoren entscheidend: Professoren müssten ein profundes Grundlagenwissen und ein tiefes, spezifisches Expertenwissen in ihrem Fachgebiet in die Lehre einbringen. «Und vor allem müssen sie ihr Thema lieben und von der eigenen Forschung begeistert sein», sagt Poulidakos, «dann springt der Funke auch in Zukunft über.»

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

# Überblick im Zahlenmeer

**Er steckt mitten im Studium. Claude Renaux, Mathematikstudent im vierten Semester, kann sich noch gut an die ersten tastenden Schritte im Studium erinnern. Gleichzeitig hat er schon viele konkrete Pläne für die Zukunft. Die Umsicht für seinen Weg holte er sich unter anderem mithilfe der ETH-Einheit «Studienorientierung und Coaching».**

Martina Märki

Gerade eben noch bestand seine ganze Welt aus einem Tisch im Büro des Professors und den zwei Examinatoren, die sich mit ihm über ein vollgeschriebenes Blatt Papier beugten. Mündliche Prüfung in Topologie. Jetzt lacht er erleichtert – wieder eine Prüfung überstanden! In den nächsten Tagen kommen noch Semesterprüfungen in numerischer Mathematik und in Wahrscheinlichkeit und Statistik, danach wird Claude Renaux endlich Ferien geniessen. Eine wichtige Etappe seines Studiums hat er dann gemeistert.

Claude Renaux ist Mathematikstudent an der ETH Zürich am Ende des vierten Semesters. Vier Semester Grundstudium, das volle Programm, genauer: das volle Pflichtprogramm. Die Kür, wie er sagt, beginnt jetzt. Denn im fünften Semester kann er wählen, ob er den Schwerpunkt seines Bachelorstudiums eher in Richtung reine Mathematik oder in Richtung angewandte Mathematik legt.

Für Claude Renaux ist klar, dass es ihn in die angewandte Mathematik zieht. Und im sechsten Semester, kurz vor seiner Bachelorarbeit, wird er im Rahmen des Austauschprogramms Erasmus in Stockholm ein Semester Auslandluft schnuppern. Über den besten Zeitpunkt für dieses Vorhaben hat er sich vorgängig mit einem Studienberater abgesprochen. Dieser gab ihm ausserdem den Tipp, vorausschauend

auch schon erste Überlegungen für die Zeit nach dem Auslandsemester zu machen.

## **Begeistert in der Studienwoche**

«Es gibt sehr gute Beratungsangebote an der ETH Zürich. Ich habe nur gute Erfahrungen damit gemacht», sagt Renaux. Er dürfte nicht der Einzige sein. Denn die ETH Zürich hat in den letzten Jahren ihr Betreuungs- und Beratungsangebot für Studierende gezielt ausgebaut. Im Bereich «Studienorientierung und Coaching» (SoC) finden Studieninteressierte und Studierende Unterstützung bei Fragen zur Studienwahl, zur Prüfungsvorbereitung oder auch zur persönlichen Lernmotivation und -organisation. Erste Erfahrungen mit solchen Angeboten machte Claude Renaux bereits im 12. Schuljahr, noch Gymnasiast in Liestal im Kanton Baselland.

Damals entschloss er sich, an einer sogenannten Studienwoche im Fach Mathematik an der ETH Zürich teilzunehmen. Bei der Erinnerung an diese für potenzielle Studieninteressierte organisierte Projektwoche gerät Renaux heute noch ins Schwärmen: «Dass sich Professoren und Doktoranden eigens für unsere kleine Schülergruppe Zeit genommen haben, war eine tolle Erfahrung.» In kleinen Arbeitsgruppen mit wissenschaftlicher Betreuung an einem ernsthaften Problem, zum Beispiel an ei-

nem Algorithmus für die Bildkompression, zu arbeiten sei ungeheuer motivierend gewesen, erzählt er strahlend.

## **In der Lerngruppe zuhause**

Ganz so idyllisch war es im Studium dann nicht, wie Claude Renaux nach Studienbeginn rasch feststellte. In den Vorlesungen schwitzte er oft gemeinsam mit ungefähr 200 Mitstudierenden. Mit dabei sind im Grundstudium angehende Physiker und Studierende aus den interdisziplinären Naturwissenschaften. In dieser Menge den Überblick zu behalten sei nicht immer ganz einfach gewesen, gibt Renaux zu. «Der Sprung vom kleinen Klassenzimmer in der Schule in den Vorlesungssaal an der ETH ist gross, und Mathematik am Gymi ist meilenweit von Mathematik an der ETH entfernt.» Zum Glück gab es seine WG-Kollegen, die als Physiker in den gleichen Vorlesungen schmorten. Und es gab Unterstützung vom SoC: Es organisiert Lerngruppen, die von Studierenden aus höheren Semestern geleitet werden. «Die Lerngruppe ist eine tolle Sache. Sie ist die geschützte Nische, in der man alle Fragen stellen kann und gemeinsam Lösungen diskutiert», sagt Claude Renaux. «Christa, unsere Lerngruppenleiterin, konnte uns auch Tipps geben, was in höheren Semestern auf uns zukommt.»

Doch zuerst einmal galt es, die erste Hürde, die Jahresprüfung nach den ersten zwei Semestern, zu nehmen. Zwei Monate Büffeln in Eigenregie während der Semesterferien stand an. Nach dem fast pausenlos durchstrukturierten Vorlesungs- und Übungsbetrieb während der Semester war dies ungewohnt. Doch auch in dieser Situation konnte sich Claude Renaux Unterstützung bei den Beraterinnen aus dem SoC holen. In persönlichen Coachinggesprächen lernte er seinen eigenen Lernstil besser kennen, erhielt Hinweise, wie er Lern- und Freizeit optimal planen und die Stoffmenge am



Volle Konzentration: Claude Renaux rekapituliert eine Prüfungsaufgabe an einer Wandtafel. (Bild: Nathan Beck)

besten in der verfügbaren Zeit aufarbeiten konnte. «Ich verschaffe mir zuerst gerne einen Gesamtüberblick, um mich orientieren zu können», weiss Renaux heute. Deshalb fand er den Tipp, zuerst die wichtigsten Stichworte auf einem grossen Bogen Papier an die Wand zu heften, besonders nützlich. Auch kürzlich, als die ersten mündlichen Prüfungen bevorstanden, hat er sich nochmals mit seiner Beraterin aus dem SoC getroffen. Laut denken, damit der Prüfende nachvollziehen könne, wo man steht,

auch wenn man die perfekte Lösung nicht gleich parat hat, lautete ihr Rat. «Klingt logisch, und mir ist es an den Prüfungen damit bisher nicht allzu schlecht ergangen», sagt Claude Renaux.

#### **Von älteren Semestern profitieren**

Nach vier Semestern gehört Claude Renaux selbst schon zu den alten Hasen, der weiss, wie die Dinge im Studium laufen. Ältere Studierende können ihr Wissen beispielsweise am

«Prestudy-Event» weitergeben. An dieser kürzlich eingeführten Veranstaltung kurz vor Studienbeginn haben Studieninteressierte unter anderem Gelegenheit, sich mit Studierenden aus höheren Semestern auszutauschen. Alle Massnahmen des SoC dienen dazu, die Studierenden vor und während des Studiums möglichst gut zu informieren und ihnen den Einstieg in die ETH zu erleichtern. Bei all diesen Optionen ist jedoch immer die Eigeninitiative der Studierenden gefragt.

«Das Angebot ist da, aber nützen muss man es selber. Mir hat es viel Orientierung gegeben», sagt Renaux. Er freut sich schon auf die kommenden Semester, wenn er sich vertieft der angewandten Mathematik zuwenden kann. Demnächst will er in seiner Freizeit den Schwedischkurs wieder aufnehmen, den er im letzten Semester begonnen hat. Seine anderen beiden Freizeitleidenschaften, Tangotanz und Chorgesang, müssen dann vielleicht ein wenig zurückstehen. Und selbst ein mögliches Themengebiet für die anschliessende Bachelorarbeit hat er, dank Tipps von Masterstudierenden, schon im Auge. Gut für einen, der die Mathematik liebt und dabei gerne den Überblick hat.

## Studienorientierung und Coaching

Um zukünftigen Studierenden bei der Wahl des richtigen Studienfachs zu unterstützen und Studienanfängern den Übergang vom Gymnasium an die Hochschule zu erleichtern, hat die ETH Zürich ihre Massnahmen zur Studienberatung ausgebaut. In der Einheit «Studienorientierung und Coaching» sind alle Angebote zusammengefasst. Dazu gehören Angebote vor Studienbeginn wie «ETH unterwegs» (die ETH besucht Mittelschulen), ETH-Studienwochen (Mittelschüler kommen für eine Projektwoche an die ETH), allgemeine Studieninformationstage sowie Prestudy-Events. Für Studieninteressierte und Studierende gibt es ausserdem die klassische Studienberatung. Studierende in den ersten Semestern können sich Peer-Groups (Lerngruppen) anschliessen oder bei spezifischen Anliegen Unterstützung im Einzelcoaching erhalten.

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

# «Viele Lehrer hören ihren Schülern nicht richtig zu»

Wie lernen Menschen und welches ist die beste Lernmethode? Ein Gespräch mit Elsbeth Stern, Professorin für Lehr- und Lernforschung. Sie erklärt, warum Frauen ihr Potenzial zu wenig nutzen, was einen guten Lehrer ausmacht und weshalb sich unser Gehirn nicht wie ein Muskel trainieren lässt.

Interview: Thomas Langholz

---

## Zur Person

Elsbeth Stern ist seit 2006 Professorin für empirische Lehr- und Lernforschung und Vorsteherin des Instituts für Verhaltensforschung am Departement für Geistes-, Sozial- und Staatswissenschaften (D-GESS) der ETH Zürich. Dort ist sie verantwortlich für den pädagogischen Teil der Ausbildung angehender Gymnasiallehrerinnen und -lehrer. Sie ist im Editorial Board mehrerer Zeitschriften, darunter auch SCIENCE. (Bild: Nathan Beck)



Jede Hochschule behauptet von sich, dass sie gute Lehre betreibt. Doch was ist gute Lehre? Gute Lehre lässt sich am quantitativen und qualitativen Zuwachs des Wissens messen. Das gilt für den Kindergarten genauso wie für die Hochschule. Mit qualitativen Aspekten ist vor allem eine angemessene Begriffsbildung gemeint, ohne die es keinen Transfer auf neue Aufgaben geben kann. Gerade im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich soll das Wissen ja nicht einfach reproduziert werden, sondern es soll helfen Aufgaben zu lösen, die nicht direkt geübt wurden.

**Sie sind an der ETH zuständig für die Ausbildung von Gymnasiallehrern. Welche Fähigkeiten hat eine gute Lehrperson?**

Grundsätzlich gilt: Wer lehren will, muss das Lernen verstehen. Lehrpersonen dürfen nicht wie Roboter Routinen durchziehen, sondern sie brauchen sogenannte «adaptive Expertise». Das heisst, sie müssen sich durch Interaktion mit den Lernenden laufend vergewissern, ob ihr Input an deren Wissen anknüpft. Diese Kompetenz von Lehrpersonen sollte in der Aus- und Weiterbildung im Mittelpunkt stehen. Allein durch den Einsatz einer bestimmten Lehrmethode erhöht sich die Wirksamkeit des Unterrichtes nicht.

**Wie wirkt sich die Lehrmethode auf den Lernerfolg aus?**

Es gibt nicht *die* beste Methode. Gruppenunterricht ist nicht per se einem Frontalunterricht überlegen oder umgekehrt. Ganz gleich wie eine Lehrperson unterrichtet, sie erreicht in einem bestimmten Zeitraum nie alle Schüler optimal. Sieht sie zum Beispiel, dass drei von 20 Schülern bei einem Thema kurz vor einem Durchbruch stehen, sollte sie für diese eine prägnante Erklärung abgeben. Um die anderen 17 voranzubringen, muss sie sich im nächsten Schritt etwas anderes ausdenken. Diese Flexibilität muss eine Lehrperson erwerben. Bei Lehrpersonen, die mit dem Klingelzeichen ihr geplantes Tafelbild abgeschlossen haben, wird selten optimal gelernt.

**Sie sagen: «Lernen hängt vom Vorwissen ab.» Was ist damit gemeint?**

Information kann nur aufgenommen werden, wenn sie an bestehendes Wissen angeknüpft wird. Sonst geht sie buchstäblich durch die Maschen. Wenn in einem naturwissenschaftlichen Gebiet noch kein systematisches Wissen vorliegt, muss die Lehrperson zunächst an Er-

fahrungswissen der Lernenden anknüpfen oder bereits vorhandenes Wissen aus ähnlichen Gebieten aktivieren. Auf dieser Grundlage können dann neue Fakten, Routinen und vor allem Konzepte gelernt werden. Nicht sinnvoll ist es, die Schüler aus dem Zusammenhang gerissene Fakten und Routinen lernen zu lassen. Ich sollte mit zehn Jahren im Geografieunterricht die Hauptstädte Europas auswendig lernen, konnte aber damals mit den Begriffen «Hauptstadt» und «Europa» noch nicht wirklich etwas anfangen. Solche Aktivitäten sind Zeitverschwendung.

**Durch Studien haben Sie herausgefunden, dass vor allem in den MINT-Fächern (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik) Kinder nicht bei ihrem Vorwissen abgeholt werden. Vor dem Hintergrund, dass es zu wenig Studierende in den MINT-Fächern gibt, ist dies eine wichtige Erkenntnis. Führt ein interessanterer Unterricht zu mehr Mathematik- und Informatikstudierenden?**

Die Bedeutung von Interesse und auch von Motivation für das Lernen wird oft ungemessen bewertet, insbesondere wenn man darunter unveränderbare Merkmale versteht. Motivation und Interesse können auch während des Lernens als Folge von Kompetenzerleben entstehen. Eine Sache erklären oder eine Aufgabe lösen zu können motiviert Schüler auch dann, wenn sie sich nicht übermässig für ein Thema begeistern können. Überfällt man Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht mit Definitionen, vergeht ihnen schnell die Lust am Lernen. Fragt man sie aber beispielsweise, warum ein Schiff aus Stahl im Wasser schwimmt, während ein kleiner Stahlkörper untergeht, wissen sie zumindest, was sie mit dem zu erwerbenden Wissen erklären können. Das motiviert zum Weiterlernen.

**Sie wehren sich vehement gegen die Ansicht von Hirnforschern, dass das Gehirn wie ein Muskel trainiert werden kann. Warum?**

Lernen heisst Wissensaufbau, und dieser erfolgt zunächst bereichsspezifisch. Wer in Mathematik gut sein will, muss Konzepte und Routinen in diesem Fach aufbauen. Ein Musikinstrument zu spielen oder sogenanntes «Brainjogging» zu betreiben erleichtert das Lernen nicht. Ein unspezifischer Transfereffekt konnte bisher in keiner einzigen wissenschaftlichen Studie nachgewiesen werden. Transferiert werden kann nur Wissen, aber auch das gelingt nur, wenn es mit Unterstützung der

Lehrpersonen entsprechend angelegt wurde. Wenn schulisches Lernen nicht gelingt, dann lässt sich das nur in ganz wenigen Fällen mit Dysfunktionen im Gehirn erklären. Meist liegt es an schlechten Lerngelegenheiten. Lernschwierigkeiten mit dem Gehirn zu erklären ist, als ob man einen Flugzeugabsturz auf Gravitation zurückführt. Das ist nicht falsch, erklärt aber nicht, warum die anderen Flugzeuge oben bleiben.

**Welchen Einfluss auf die Intelligenz hat die Genetik (nature) im Vergleich zur Sozialisation (nurture)?**

Diese Frage ist falsch gestellt. Nicht «nature versus nurture», sondern «nature via nurture» muss es heissen. Man muss fragen: Lässt die Umwelt zu, dass Gene ihr Potenzial entfalten können? Es ist davon auszugehen, dass Intelligenz – verstanden als akademisches Lernpotenzial – auf einer sehr grossen Anzahl von Genen basiert, welche die Gehirnfunktionen in Abhängigkeit von den angebotenen Lerngelegenheiten steuern.

**In den Naturwissenschaften fehlen immer noch Frauen. Wie können Schulen mehr Mädchen für naturwissenschaftliche Fächer begeistern?**

Mädchen mit guten Voraussetzungen für die MINT-Fächer bringen fast immer auch sehr gute Voraussetzungen für sprachliche Fächer mit, in denen sie dann oft mehr Anerkennung finden. Später kommt hinzu, dass es bei Frauen eher akzeptiert wird, wenn sie ihre Karriere abbrechen. Ein Mann, der aussteigt, ist ein Loser; bei einer Frau gilt: Schade drum, ist aber halt so. Hier ist es an der Zeit, Frauen stärker in die Pflicht zu nehmen, auch weil ihre Ausbildung die Gesellschaft viel Geld gekostet hat. Das grösste Handicap in der Schule ist der späte Beginn des Physik- und Chemieunterrichtes. Oft geht es los, wenn Kinder in die Pubertät kommen und eher mit Fragen beschäftigt sind, die ihre eigene Person betreffen. In meinem Team erforschen wir deshalb mit Unterstützung der Jacobs Foundation, wie sich Physikunterricht in der Primarschule auf die weitere Kompetenzentwicklung auswirkt – bei Jungen und bei Mädchen.

→ [www.educ.ethz.ch/mint/natwiss](http://www.educ.ethz.ch/mint/natwiss)



Wie lässt sich eine Waschmaschine ökologischer konstruieren? Die Studierenden haben eine Maschine in ihre Einzelteile zerlegt und notieren Ideen, wie die Teile und das Ganze umwelt- und entsorgungsfreundlicher hergestellt werden könnten. (Bild: Philippe Neidhart).

# Alles nur Müll?

Die Sommerakademie von ETH Sustainability drehte sich in diesem Jahr rund ums Thema Abfall, grünes Produktdesign und Stoffkreisläufe. Drei Wochen lang lernten Studierende aus 18 Ländern, nachhaltig mit der Müllproblematik umzugehen.

Philippe Neidhart



**M**itten im Pazifik wächst ein Abfallteppich, der schätzungsweise die 30-fache Fläche der Schweiz einnimmt. Das Beispiel zeigt: Das durch die Wegwerfgesellschaft und die fortschreitende Technisierung entstandene Müllproblem hat globale Ausmasse angenommen. Um die zunehmende Vermüllung zu stoppen, ist ein radikales Umdenken erforderlich. Eine der wichtigsten Voraussetzungen für eine nachhaltige Entwicklung ist es, Stoffkreisläufe zu schließen und damit Müll weitestgehend zu vermeiden. Zum Thema «Alles nur Müll?» setzten sich 30 Studierende aus 18 Ländern an der «ETH Sustainability Summer School 2011» mit der Müllproblematik und verwandten Themen auseinander und suchten anhand von konkreten Beispielen nach alternativen Lösungen.

#### Vom Modell zum fertigen Stuhl

So etwa in der Gruppe «Wooden Furniture», in der zehn Studierende einen Holzstuhl bauen sollten, der eigens erarbeiteten und definierten Nachhaltigkeitskriterien entspricht. Dazu demontierten die Studierenden in einem ersten Schritt einen bestehenden Stuhlklassiker, analysierten seinen gesamten Lebenszyklus und untersuchten ihn auf mögliche Verbesserungen betreffend Nachhaltigkeit. Die Resultate dieser Analyse dienten den Studierenden als Grundlage für die Entwicklung neuer Designkonzepte. Mit dabei ist die Chinesin Nicky Chang, die zurzeit Architektur an der Yale University studiert. Sie hat im Rahmen der Sommerakademie einen Stuhl entworfen und diesen vorerst aus hartem Schaumstoff als 1:1-Modell zusammengebaut. Mit dem Zwischenergebnis ist Chang nicht ganz zufrieden: «Ich möchte nur vier statt fünf Bauteile für einen Stuhl nutzen», betont sie. «Denn je weniger Teile verwendet werden, desto kleiner ist der Aufwand bei der Produktion und beim Zusammenbauen», so Chang. Das den Studierenden als Basis dienende herkömmliche Stuhlmodell besteht aus rund 40 Teilen und verwertet am Ende der Nutzungsdauer nur knapp 50 Prozent des zur Herstellung benötigten Ausgangsmaterials. Die andere Hälfte wird verbrannt und zum Heizen oder zur Energie-



Weniger Teile – weniger Abfall: Die chinesische Studentin Nicky Chang entwickelt einen Stuhl, der aus maximal vier Bauteilen bestehen soll. (Bilder: Philippe Neidhart)

## «ETH Sustainability Summer School 2011»

Organisiert wurde die Sommer School von ETH Sustainability, dem Departement Bau, Umwelt und Geomatik und dem Club of Rome. Das Programm richtete sich an Studierende aus unterschiedlichen Fächern und Ländern. Ein wichtiger Punkt für die Aufnahme der Teilnehmer war ihre Fachkenntnis, Motivation und Kreativität, die sie in einem Bewerbungsschreiben unter Beweis stellen mussten. Ziel der Sommer School ist, den Studierenden anhand praktischer Fallbeispiele Einblick zu geben in Themen wie «Green Product Design», Ökobilanzen oder Konzepte wie Re- und Upcycling. Kernpunkt der Sommer School ist die praktische Arbeit an einem konkreten Produkt.

gewinnung verwendet. «Durch nachhaltiges Design kann das Rohmaterial besser genutzt werden», erklärt Chang. Schon jetzt liegt der Materialverschleiss bei ihrem Prototypen nur noch bei knapp fünf Prozent.

### Theorie und Praxis

Um Ideen für ihre Arbeit zu bekommen, lernen die Studierenden sowohl aus Theorie und Praxis. Die erste Woche der Sommerakademie verbrachten deshalb alle 30 Studierenden gemeinsam in einem Seminarhaus im Emmental. Dort setzten sie sich mit den Themen Materialflüsse, Lebenszyklusanalysen, energetische Aspekte der Abfallverbrennung und «grünes» Produktdesign auseinander. «Wir haben Vorträge von Professoren, Designern und Wirtschaftsvertretern gehört, an Workshops teilgenommen und über das Thema Nachhaltigkeit diskutiert», erzählt Chang. Zu den grundlegenden Lernzielen dieser Woche gehörte aber auch der Austausch mit Persönlichkeiten aus der Praxis: So diskutierten die Studierenden mit dem ehemaligen Vizepräsidenten der Weltbank, Ian Johnson, über die wirtschaftlichen Zusammenhänge der Abfallproblematik. Vom Leiter der Nachhaltigkeitsabteilung der Axpo AG erfuhren sie, welche Rolle Lebenszyklusanalysen bei einem Stromkonzern spielen, und Mitarbeiter der Empa erklärten, mit welchen Mitteln pragmatische Lösungen für einen nachhaltigeren Umgang mit Elektroschrott in Entwicklungsländern zu finden sind.

Nach der gemeinsamen Seminarwoche ging es in drei Gruppen handfest zur Sache. Vom Emmentaler Bauernhaus wechselten die Studierenden direkt in die Stadt Zürich auf den Hightech-Campus der ETH Zürich auf dem Hönggerberg. Dort setzten sie das Gelernte in reale Projekte um. Während die einen am nachhaltigen Design von Holzmöbeln tüftelten, unterzogen andere in der Fallstudie «Washing Machine» eine Waschmaschine einer umfassenden Ökobilanz. Dafür zerlegten die Studenten das Gerät in seine Einzelteile, diskutierten mit Ingenieuren der Firma V-ZUG über das Gelernte und entwickelten Lösungen zur Optimierung. In der Gruppe «Food Packaging»

untersuchten die Studierenden die Nachhaltigkeit von Lebensmittelverpackungen. Lokaltermine beim Schweizer Verpackungshersteller SIG Combibloc, der technischen Innovationsfirma awetec sowie dem Lebensmittelproduzenten Coop sorgten für konkretes Anschauungsmaterial. Auch die Gruppe «Wooden Furniture» erhielt professionelle Unterstützung. Unter anderem durch einen Besuch bei der Designsammlung der Züricher Hochschule der Künste (ZHdK) und «horgenglarus», einer der ältesten Stuhl- und Tischmanufakturen der Schweiz.

«Viele hilfreiche Tipps kommen aber auch von anderen Teilnehmern der Sommerakademie», betont Chang. So lernte sie nicht nur aus den Vorlesungen und Gesprächen mit Expertinnen, sondern auch im Austausch mit anderen Studierenden, die gemeinsam immerhin 18 unterschiedliche Studienrichtungen repräsentierten.

### Interdisziplinäre Zusammenarbeit

Chang ist gerade in eine Diskussion über die Verbesserung ihrer Stuhllehne vertieft, als sich Charles Bourrier, angehender Masterstudent in Produktdesign der ECAL Lausanne, zur kleinen Gruppe setzt. Er selbst arbeitet in der Gruppe, die sich mit dem ökologischen Design der Waschmaschine auseinandersetzt. Ihn interessiert jedoch die Arbeit der Möbeldesigner sehr, und er hat diese gespannt mitverfolgt. Die Kritik des Produktdesigners am Stuhlmodell von Chang klingt dennoch harsch: «Das Ding ist total unbequem.» Sogleich zieht er sein Notizbüchlein hervor und fertigt innerhalb kurzer Zeit eine Skizze seiner Idee für eine Stuhllehne an. «Es ist zwar nicht ganz so elegant, dafür sicher komfortabler», so Bourrier. Chang nimmt die Kritik an ihrem Modell dankend an: «Es muss immer abgewogen werden zwischen guter Gestaltung, Umsetzbarkeit und sinnvoller Verwendung der Ressourcen.» Nicky Chang ist fast am Ende ihrer Arbeit gelangt. Sie hat ihr Stuhlmodell inzwischen in Holz umgesetzt. Gerade ist sie dabei, die Kanten des Holzmodells zu schleifen: «Es war gar nicht so einfach – zuerst passte die Vorlage nicht auf die Holzplatte, und ich musste jedes einzelne Stück verkleinern.» Trotzdem ist sie

zufrieden mit dem Resultat, welches sie an der Abschlussausstellung nicht ganz ohne Stolz präsentiert. Auch die Ergebnisse der anderen Gruppen sind eindrücklich. Für die Organisatorin der ETH-Sommerakademien, Catherine Lipuner, steht fest: «Zwei Wochen sind eine sehr kurze Zeit, um von der Idee zu einem fertigen Produkt zu gelangen, und ich bin wirklich sehr beeindruckt von dem, was die Studierenden mit ihrem Fachwissen, ihrer Kreativität und Motivation erreicht haben.»

---

## ETH Sustainability

Die ETH Zürich kann auf eine mehr als 20-jährige Geschichte im Bereich Nachhaltigkeit zurückblicken. Mit dem Ziel, Nachhaltigkeitsaktivitäten noch besser zu vernetzen, gründete die Hochschule im Jahr 2008 mit «ETH Sustainability» eine Koordinationsstelle für Nachhaltigkeit. So bietet die ETH Zürich ein umweltfreundliches und sozial verträgliches Umfeld und sensibilisiert ihre Studierenden für die Belange der nachhaltigen Entwicklung. Nachhaltigkeit soll auch im täglichen Leben im Lehr- und Forschungsbetrieb praktiziert werden. ETH Sustainability unterstützt Personen, Projekte und Initiativen, die dazu beitragen, den ökologischen Fussabdruck des Lehr- und Forschungsbetriebs zu verkleinern und Energie und Ressourcen effizienter zu nutzen.

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

# Beste Aussichten: ETH-Absolventen im Berufsleben

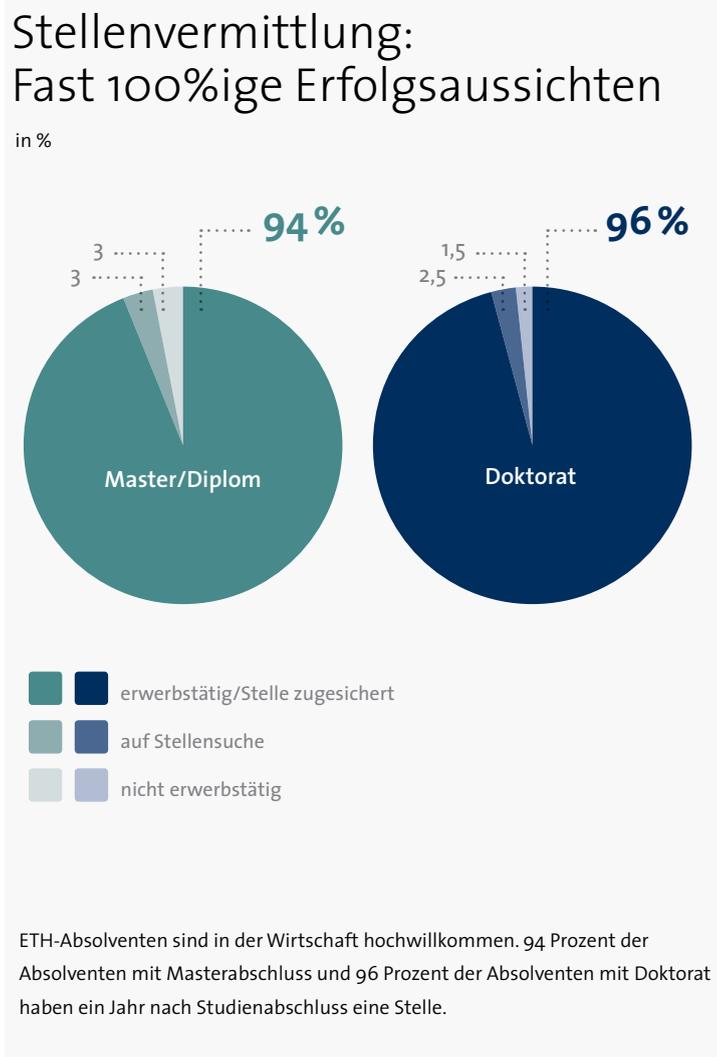
Ein Studium an der ETH Zürich lohnt sich – für die Studierenden und für die Schweiz. ETH-Absolventinnen und Absolventen sind im Berufsleben höchst willkommen und fühlen sich bestens gerüstet, um zum Wohl der Wirtschaft und der Gesellschaft beizutragen. Dies zeigen Ergebnisse aus der Absolventenbefragung des BfS\*.

Martina Märki

Wie sieht die Stellensituation für ETH-Absolventen aus, wo arbeiten sie und was tragen sie zur Innovationskraft der Schweiz bei? Das BfS und die ETH Zürich befragen dazu ihre Absolventen alle zwei Jahre.

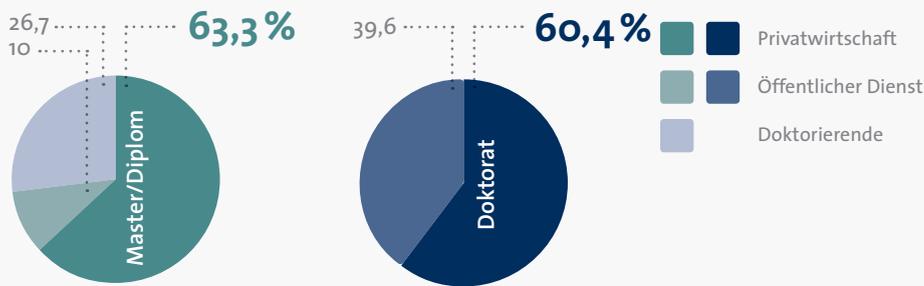
ETH-Studierende haben fast eine Garantie, nach Studienabschluss rasch eine Stelle zu finden. Die meisten finden zudem eine Stelle, in der sie in hohem oder gar sehr hohem Ausmass zu innovativen Lösungen in Beruf und Gesellschaft beitragen können. Dabei zieht es die meisten Absolventen in die Schweizer Privatwirtschaft. Rund 65 Prozent der Absolventen mit Master- bzw. Diplomabschluss arbeiten in der Privatwirtschaft, davon wiederum knapp 70 Prozent in kleineren und mittleren Unternehmen mit bis zu 250 Mitarbeitern. Die Innovationskraft der ETH Zürich kommt somit besonders den KMU zugute. Absolventen mit Dokortitel beginnen ihre Berufstätigkeit eher in Grossunternehmen, wenn sie nicht eine akademische Karriere weiterverfolgen. Die Schweiz kann auch von der internationalen Anziehungskraft der ETH Zürich profitieren: Rund 20 Prozent der Masterabschlüsse und zwei Drittel der Dokortitel werden von Bildungsausländern erworben. Von ihnen tritt eine Mehrheit die erste Stelle in der Schweiz an. Eine Bilanz, die sich sehen lassen kann. Wen wundert's, dass die Befragten sehr zufrieden mit ihrer Ausbildung sind.

\* BfS: Bundesamt für Statistik. Die Daten basieren auf der Befragung der Hochschulabsolvent/innen des Jahres 2008 (mit Zusatzmodul der ETH Zürich). Sie wurden 2009, ein Jahr nach Abschluss ihres Studiums, befragt.



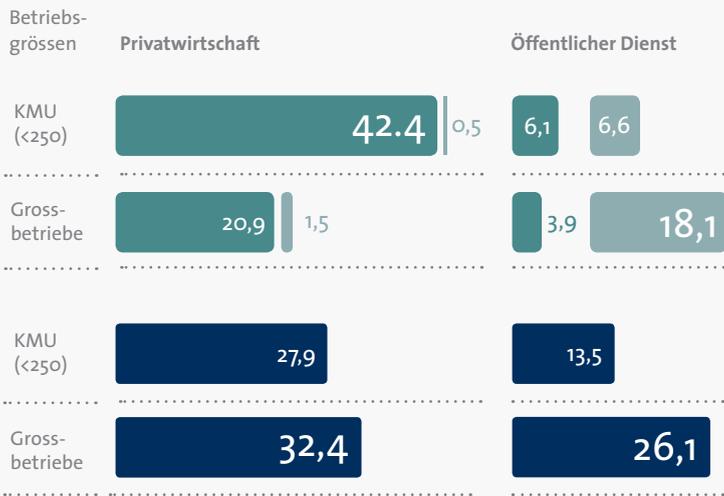
# Berufsfelder: Privatwirtschaft und Schweiz bevorzugt

Wirtschaftssektor nach Studienabschluss  
in %



Mehr als 63 Prozent der Absolventen mit Masterabschluss und über 60 Prozent der Absolventen mit Doktorat gehen in die Privatwirtschaft.

Betriebsart nach Studienabschluss  
in %



Absolventen mit Masterabschluss arbeiten mehrheitlich in kleinen und mittleren Betrieben.

Absolventen mit Doktorat arbeiten mehrheitlich in Grossbetrieben.

■ Master/Diplom ■ Doktorierende ■ Doktorat

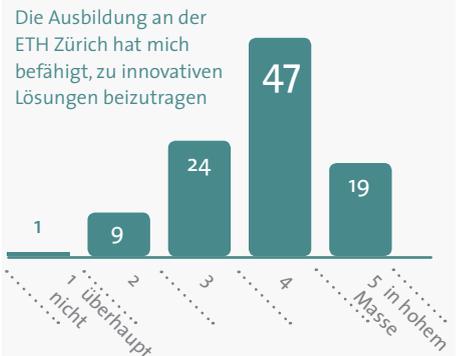
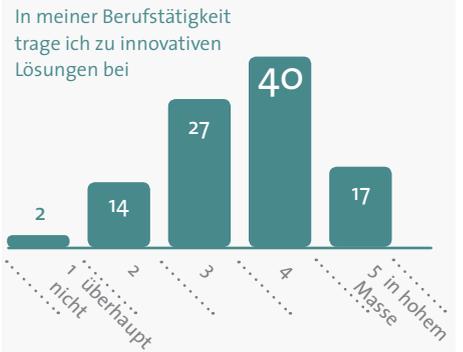
Arbeitsland nach Studienabschluss  
in %

	Master/Diplom		Doktorat	
	CH	Ausland	CH	Ausland
SchweizerInnen*	96	4	80	20
BildungsausländerInnen	78	22	51	49
<b>Absolventen total:</b>	<b>94%</b>	<b>6%</b>	<b>68%</b>	<b>32%</b>

Braingain für die Schweiz. Die grosse Mehrheit der ETH-Absolventen arbeitet ein Jahr nach Studienabschluss in der Schweiz.

# Auf Innovation getrimmt

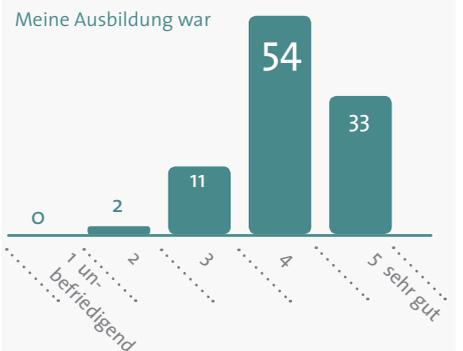
in %, Master/Diplom



ETH-Absolventen können dank ihrer Ausbildung in hohem Mass zu innovativen Lösungen in Beruf und Gesellschaft beitragen.

# Im Rückblick: Bestnoten für die ETH

in %, Master/Diplom



87 Prozent der Absolventen beurteilen ihre Ausbildung als gut bis sehr gut.

\* inkl. BildungsinländerInnen



Schindler Award 2012  
Think Mobility. Rethink Architecture.



## Blaues Licht statt Spritze

ETH-Forscher haben einen «Gen-Lichtschalter» entwickelt, der interessante neue Therapieansätze ermöglichen könnte: Die Wissenschaftler um Martin Fussenegger vom Institut für Chemie- und Bioingenieurwissenschaften haben in lebenden Zellen ein genetisches Netzwerk konstruiert, mit dem sich Gene durch blaues Licht gezielt anschalten respektive regulieren lassen. Die Zellen mit dem eingebauten Gen-Netzwerk werden dann als Implantat unter die Haut eingesetzt und von aussen mit blauem Licht beleuchtet.

Der «Gen-Lichtschalter» besteht aus einem Protein, das in der Netzhaut des menschlichen Auges mit Vitamin A einen Komplex bildet und beim Auftreffen von blauem Licht eine Signalkaskade in Gang setzt. Diese Kaskade haben die Wissenschaftler mit einem Signalweg verschaltet, der in der Immunregulation eine wichtige Rolle spielt. Dieser zweite Signalweg aktiviert im genetischen Netzwerk das Ziel-Gen, das mit blauem Licht reguliert werden soll. Bei ihren Versuchen mit Zellkulturen und Mäusen testeten die Forscher die lichtgesteuerte Produktion von GLP-1, einem Hormon, das die Bildung von Insulin kontrolliert und somit den Blutzuckerspiegel reguliert. Das durch Licht regulierte GLP-1 half diabetischen Mäusen, die Insulinproduktion zu verbessern und den Blutzuckerspiegel wieder ins Gleichgewicht zu bringen. Die lichtgesteuerte Genregulation könnte also dereinst die klassische Injektion von Insulin bei Diabetikern ersetzen.



Durch das blaue Licht wird bei diesen Mäusen die Insulinproduktion reguliert. (Bild: Martin Fussenegger/ETH Zürich)

## ETH-Know-how für Wikipedia



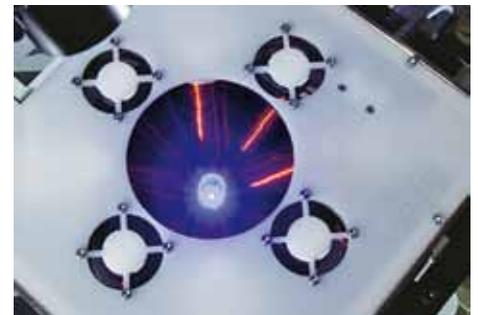
Buchweizen ist eine in Europa fast vergessene Nutzpflanze. (Bild: Alupus)

Wikipedia ist umstritten, weil die Richtigkeit der Fakten nicht von einer Fachredaktion überprüft wird. Lehrpersonen verbieten deshalb oft das Zitieren aus Wikipedia. Achim Walter, ETH-Professor am Institut für Agrarwissenschaften, hat den Spiess umgedreht: Anstatt einen der üblichen Vorträge über eine alternative Nutzpflanze vorzubereiten, verfassten

die Seminarteilnehmer einen wissenschaftlich fundierten Wikipedia-Eintrag. Alternative Nutzpflanzen sind Pflanzen, die weniger häufig kultiviert werden als Hauptkulturpflanzenarten wie Mais, Weizen und Reis. Etliche von ihnen verfügen über ein grosses Potenzial, so dass sich ein stärkerer Anbau lohnen würde. Allerdings sind die Kenntnisse über diese Nutzpflanzen in vielen Fällen nicht für jedermann ohne weiteres zugänglich. Wikipedia ist daher ein ideales Werkzeug, dieses Wissen für die Zukunft zu erhalten. Die Aufgabe der 14 Seminarteilnehmer bestand darin, eine in Vergessenheit geratene oder gar unbekannt Nutzpflanze zu beschreiben. Sie recherchierten Informationen zu Herkunft, Klimaansprüchen, Anbau, Biologie und Nutzung der Pflanzen. Alle Beiträge wurden durch Achim Walter gegengelesen und danach im englischsprachigen Wikipedia veröffentlicht.

## «Aeon Scientific» ausgezeichnet

Erfolg auf der ganzen Linie: Der ETH Spin-off «Aeon Scientific» aus dem Institut für Robotik und intelligente Systeme der ETH Zürich ist einer der Gewinner bei der privaten Förderinitiative «venture kick». Das Jungunternehmen erhält 100 000 Franken, um sein Start-up-Projekt zu finanzieren. Das Team von Aeon Scientific entwickelte in mehrjähriger Arbeit eine einzigartige Technologie, mit deren Hilfe kleinste Mikroinstrumente im Körper kabellos ferngesteuert werden können. Dies ist beispielsweise für die Behandlung von Herzpatienten interessant, bei denen die bisherigen Instrumente keine Behandlung mit einem Katheter erlauben. Mit der neuen Technologie lässt sich über ein elektromagnetisches Feld ein kleiner Katheter direkt ins Herz steuern. Die Technologie soll auch in anderen Bereichen eingesetzt werden, bei denen es schwer ist, direkt an den Krankheitsherd



Mit diesem Prototyp lassen sich Mikroinstrumente elektromagnetisch steuern. (Bild: Aeon Scientific)

zu gelangen, wie zum Beispiel in der Augenmedizin. Mit der Fördersumme wird die junge Firma eine erste wichtige Projektphase einleiten: Sie wird das Geld für neue Hardware, weitere Patente und für das Marketing verwenden.

# Weltsimulator und Schutzengel

Die einen wollen per Computer die ganze Welt erfassen. Für die anderen können Informationssysteme gar nicht klein genug sein, um dem Menschen zu dienen. FuturICT und Guardian Angels: Zwei Projekte unter massgeblicher Beteiligung von Wissenschaftlern der ETH Zürich greifen nach der Zukunft. Im Rennen der EU-Flagship-Projekte sind sie ganz vorne mit dabei.

Klaus Wilhelm

Ein unschlagbar schöner Traum eines Forschers könnte so aussehen: Er bekommt die Chance, die Zukunft der Menschheit lebenswerter zu gestalten. Nur wie, wenn die Forschungsförderung wissenschaftlichen Fortschritt allenfalls in Trippelschritten ermöglicht? Die Europäische Union will das ändern, der Forschungssupermacht USA endlich etwas entgegensetzen und zwei Projekte lancieren, die vom Charakter her jenem Ziel ähneln, das der US-Präsident John F. Kennedy 1960 ausgab: binnen zehn Jahren einen Menschen auf den Mond zu schicken. Mit anderen Worten: Ziel ist, das scheinbar Unmögliche möglich zu machen. Visionär zu denken, um grundsätzliche Fragestellungen zu lösen oder den Menschen das Leben zu erleichtern, was auch immer das kosten mag. Projekte, die jenseits der «Fiction» auf «Science» basieren und ihre Grenzen allenfalls in mangelnder Kreativität und Fantasie finden. Nur ein Traum? Womöglich nicht für Christoffer Hierold und Dirk Helbing von der ETH Zürich. Der eine ist Professor für Mikro- und Nanosysteme, der andere Professor für Soziologie mit Schwerpunkt auf Modellierung und Simulation. Sie gehören Konsortien an, deren Projekten es gelungen ist, in die Schlussrunde um die Vergabe der sogenannten «Flagship-Projekte» der Europäischen Union zu kommen. Projekte, die zehn Jahre lang mit je hundert Millionen Euro dotiert sind und die das Zusammenspiel verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen

zwingend erfordern. «Eine riesige Herausforderung», sagt Dirk Helbing, «aber eine Gelegenheit, die wir beim Schopf packen sollten.»

## Die Komplexitätsforscher

Helbing will mit mehreren hundert Wissenschaftlern der führenden akademischen Institutionen in Europa eine bisher nicht gekannte Computerplattform für die Erforschung globaler Ereignisse auf die Beine stellen. «FuturICT» heisst das Projekt, wobei ICT für «Information Communication Technology» steht. Helbing versteht sich selbst als Komplexitätsforscher. Nicht ohne Grund: Ihn interessiert, salopp gesagt, der Problemkomplex der Globalisierung, die Vernetzung von Gesellschaften, Politik, Ökonomie, Technologie in einer effektiv immer kleiner und komplizierter werdenden Welt. Theoretischer ausgedrückt spricht er von «stark gekoppelten Systemen». Nach Beispielen für «stark gekoppelte Systeme» muss er nicht lange suchen. Jeder kennt sie, wie bei der jüngsten Finanzkrise, die dokumentiert, wie gross in diesen eng verknüpften Systemen das Potenzial für die Katastrophe ist. Denn die Prozesse beschleunigen sich derart, dass es schwierig wird, rechtzeitig auf bestimmte Veränderungen zu reagieren. «Wir spüren ja förmlich, wie schnell unser Leben geworden ist», sagt der Wissenschaftler.

Ein weiteres Beispiel: Man könnte ja annehmen, das Erdbeben in Japan einschliesslich der

Kernschmelze in Fukushima sei für die Schweizer Gesellschaft eher unbedeutend. Doch es folgte ein ökologisches Umdenken in der Bevölkerung, die sich von der Atomenergie abwandte. Was aber kann die Atomkraft realistisch ersetzen? Grosse Hoffnungen werden etwa in das «Desertec-Projekt» gesetzt, das mit riesigen Solarzellenparks in der Sahara ganz Europa mit Strom versorgen soll. Doch dann das zweite unerwartete Ereignis: Die politischen Umwälzungen in Nordafrika. «Man sieht daran, wie stark die Sicherheit der Energieversorgung von politischer Stabilität weltweit abhängt», erklärt Dirk Helbing. Bei Erdgas sei das nicht anders.

Die Kette der gekoppelten Ereignisse lässt sich fortsetzen: Die heikle Lage in Nordafrika wiederum hat Migrationsströme ausgelöst, was zu Spannungen in Europa und nochmals verstärkter Fremdenfeindlichkeit geführt hat. Dänemark beispielsweise hat Grenzkontrollen lanciert. Zudem kamen die Revolutionen in Nordafrika unter anderem deshalb ins Rollen, weil sich Lebensmittel stark verteuerten. Wieso? Weil Industriestaaten wegen der globalen Erwärmung begannen, auf CO<sub>2</sub>-arme Technologien wie Biosprit zu setzen. Dessen Herstellung aus Pflanzen konkurriert mit der Nahrungsmittelproduktion, was die Preise von Lebensmitteln hochschnellen liess. Darauf hin spekulierten plötzlich die globalen Finanzmärkte auch mit Nahrungsmitteln.

## Am Puls des Weltsystems

«Scheinbar nicht zusammenhängende Ereignisse sind also eng verflochten», resümiert der ETH-Wissenschaftler: globale Erwärmung, Naturkatastrophen, politische Unruhen, Energieversorgung und Finanzmarkt. «Deshalb müssen wir diese komplexe Welt im Kern verstehen, um rechtzeitig vor drohenden Katastrophen warnen und unerwünschten Konsequenzen menschlichen Handelns entgegensteuern zu

Im Flagship-Projekt «FuturICT» möchte ETH-Komplexitätsforscher Dirk Helbing zum Beispiel modellieren, wie sich politische Entscheide global auf Gesellschaft, Umwelt und Wirtschaft auswirken. (Bilder: iStockphoto/Giulia Marthaler)



können», betont der Professor. Bis jetzt offenbart sich nur die Ratlosigkeit des althergebrachten Wissens, das allenfalls die Strukturen und Zusammenhänge innerhalb einzelner Systeme beschreibt. «Höchste Zeit», findet Dirk Helbing, «dass wir eine Systemwissenschaft mit entsprechenden Experten aufbauen.»

Um solch komplizierte Prozesse zu quantifizieren, genügen theoretische Modelle nicht. Für zuverlässige Modelle braucht es Daten real interagierender Menschen und Institutionen in unserer globalisierten Welt. Viele Daten, die erst jetzt zunehmend verfügbar werden. Von Finanzmärkten. Von sozialen Netzwerken. Von Twitter. Aus Blogs. Und anderen Quellen des Internets. Auch von Mobilfunkapplikationen. «Man kann heute quasi live verfolgen, welche Dinge die Leute beschäftigen, soweit sie die Daten öffentlich verfügbar machen», erklärt der ETH-Forscher. «Virtuelle und reale Welt sind untrennbar zusammengewachsen.»

Darüber hinaus gilt es, für das Verständnis der vernetzten Welt endlich die volle Kraft der Computer zu nutzen. Der «Living Earth Simula-

tor» ist denn auch das Herzstück von FuturICT. Eine Software-Plattform, «mit der wir die reale Welt in ihren wesentlichen Zügen nachbauen, um ihre künftigen Entwicklungen, vor allem Gefahren, Krisen und Katastrophen, aber auch Handlungsmöglichkeiten und Chancen, besser zu verstehen.» Vereinfacht gesagt: ein Flugsimulator für Politik, Ökonomie, Technologie und die globale Gesellschaft.

#### Ein planetares Nervensystem liefert Daten

Das ist für einen Laien kaum vorstellbar, wohl aber für den Komplexitätsforscher Dirk Helbing und viele seiner Kollegen. Das Szenario: Für den Living Earth Simulator sollen vier der leistungsfähigsten Rechner Europas 10 bis 20 Prozent ihrer Leistung abstellen. Zudem ist geplant, dezentral verfügbare Rechenpower zu nutzen. Über eine Art Sensorsystem, planetares Nervensystem genannt, erhalten sie die Daten, von denen allerdings schon während des Messprozesses nur die nützlichen weiterverwendet werden. Zudem speisen Forscher und Programmierer aus aller Welt ihre Daten

in das «offene und dezentrale System» ein, das mit diversen Kontrollmechanismen gegen Missbrauch geschützt wird.

Die Basis des Simulators bilden Datensammlungen, die die Geschichte der Menschheit widerspiegeln. Sozusagen ein kollektives virtuelles Gedächtnis. Darauf aufbauend erneuert sich die Plattform in Echtzeit, durch die ständig einlaufenden aktuellen Daten. Selbst schwer zu berechnende Grössen wie Vertrauen oder Solidarität sollen einfließen. «Wie die Dinge zusammenhängen, können Forscher dann in ihren Simulationen durchspielen, für die sie sich die jeweils benötigten Komponenten zusammensetzen», wie Helbing erklärt. Etwa, wenn sich dunkle Wolken am Horizont der internationalen Finanzmärkte andeuten, um dann zu eruieren, welche Optionen und Lösungen sich bieten. «Um bis zu 30 Prozent verbesserte Entscheidungen für alle möglichen Problemlagen» wären denkbar – ein Fortschritt von unschätzbarem Wert für Milliarden von Menschen. Schon eine einprozentige Verbesserung würde sich vielfach auszahlen.



Unter dem Titel «Guardian Angels for a Smarter Life» möchte ETH-Professor Christofer Hierold in seinem Flagship-Projekt personalisierte, untereinander vernetzte elektronische «Schutzengel» entwickeln. Dazu sind unter anderem grundlegend neue Lösungen für Sensoren und Datenverarbeitung nötig.  
(Bilder: Thierry Parel/ Giulia Marthaler)



Ein für Dirk Helbing weiterer entscheidender Punkt: Datenschutz und Privatsphäre. «Wir werfen alle Informationen weg, die Aufschluss über das Individuum geben», sagt er, «ansonsten nutzen wir die Daten von Leuten, die sich freiwillig beteiligen.» In diesem Zuge sollen im Projekt Technologien entwickelt werden, welche den Interessen von Firmen und Staat gerecht werden und gleichzeitig die Privatsphäre von Computernutzern schützen. Unmöglich? «Machbar», erklärt Helbing, der auf den rasanten Fortschritt in der Welt der Informations- und Kommunikationssysteme verweist: «Wer hätte vor zehn Jahren schon gedacht, dass es heute Smartphones oder soziale Netzwerke geben würde.»

#### Schutzengel im Miniformat

Derlei Optimismus treibt auch Elektroingenieur Christofer Hierold, an, selbst wenn für «sein» Projekt gegenwärtig allenfalls «ein bis

zehn Prozent der nötigen Technologien verfügbar sind». Im weitesten Sinne geht es um grundlegend neue und energiesparende Technologien für elektronische Systeme und deren Anwendungen: Sensoren, die am Körper getragen werden, die extrem klein sind, die sich selbst mit Energie versorgen. Sensoren, die vor allem Gesundheit, Verhalten und die Umgebung von Menschen in bestimmten Bereichen überwachen. «Überwachen im besten Sinne» präzisiert der ETH-Professor. Denn der Mensch allein könne seine elektronischen Schutzengel jederzeit selbst aktivieren – oder abschalten. Er selbst würde entscheiden, wann er sie nutzt, wie er sie nutzt und wer die entsprechenden Daten sehen darf. «Wir wollen keinen Mechanismus installieren, der Menschen ausspioniert», erklärt Hierold.

Schon heute begleitet uns eine intelligente Wahrnehmungs- und Regelungstechnik mit Sensorsystemen in vielen Alltagsbereichen.

Doch das Projekt Guardian Angels geht mindestens eine Dimension weiter. Die beteiligten Forscher wollen die nötigen Komponenten so weit miniaturisieren, dass Sensor und Informationsverarbeitung einen Nutzer nicht mehr stören oder behindern – selbst wenn die Geräte, wie geplant, direkt am Körper befestigt sind.

#### Der Mensch im Mittelpunkt

In diesem Zuge werden sich ganz neue Anwendungsgebiete erschliessen. Hierold denkt zuallererst an den Sektor Gesundheit, Pflege und Rehabilitation. In den zunehmend alternden Industriegesellschaften brauchen immer mehr Senioren eine Rund-um-die-Uhr-Pflege, die logistisch und wegen Mangels an Fachkräften kaum zu leisten ist. Die Guardian Angels könnten helfen. Am Körper der Pflegebedürftigen platziert, messen sie 24 Stunden und sieben Tage die Woche die Werte der wichtigsten Körperfunktionen – ob das Herz ordnungsgemäss

arbeitet, ob ein Senior gestürzt ist und sich nicht mehr bewegen kann und so weiter. Die Daten gehen in Echtzeit an Pflegestationen, die bei Bedarf rasch handeln. «So können wir auch pflegende Angehörige entlasten und die Betreuung der Senioren verbessern, zum einen durch schnelles Handeln im Notfall, zum anderen dadurch, dass wir die gewonnene Zeit in die sozialen Aspekte der Pflege investieren», betont Christofer Hierold. Das kommt Patienten und Pflegenden gleichermassen zugute. In letzter Konsequenz sollen Guardian Angels so-

## ETH Lausanne mit «Human Brain Project»

Für Grossprojekte im Rahmen ihrer Flaggschiff-Initiativen stellt die EU über einen Zeitraum von zehn Jahren eine Milliarde Euro in Aussicht. Im März 2011 wurden die sechs aussichtsreichsten Kandidaten ermittelt, darunter zwei Projekte mit massgeblicher Beteiligung der ETH Zürich: «FuturICT» und «Guardian Angels». Ein drittes Projekt steht unter der Leitung der ETH Lausanne: das «Human Brain Project». Dafür will ein Konsortium internationaler Forscher das menschliche Gehirn im Computer nachbauen – Zelle für Zelle. Das menschliche Gehirn besteht aus etwa 100 Milliarden Neuronen, die ihrerseits über eine noch astronomischer anmutende Zahl von Verbindungen (Synapsen) kommunizieren. Damit der virtuelle Nachbau des Superorgans trotzdem gelingt, sollen die leistungsfähigsten Supercomputer der Welt zusammenarbeiten – und neue Superrechner entwickelt werden. Sie sollen die unfassbaren Mengen der nötigen Daten und Verarbeitungsprozesse vereinen, die aus so unterschiedlichen Disziplinen wie etwa Neurowissenschaften, Quantenphysik, Mathematik und Genomik kommen. Das Projekt koordiniert Professor Henry Markram von der ETH Lausanne. Er hat bislang eine Art miniaturisiertes Modell des angestrebten Modells entworfen, mit rund 1000 Nervenzellen. Die Forscher erhoffen sich fundamentale Erkenntnisse darüber, wie das Gehirn funktioniert – und was passiert, wenn es aus dem Gleis läuft, etwa bei psychischen Erkrankungen wie Depressionen oder neurodegenerativen Erkrankungen wie Parkinson.

→ [www.humanbrainproject.eu/](http://www.humanbrainproject.eu/)

gar eines Tages menschliche Emotionen erfassen und auf diese Weise zum Beispiel Gelähmten helfen. Kurzum: Die elektronischen Schutzengel könnten quasi Gedanken lesen und den Betroffenen dabei helfen, mit anderen Menschen zu kommunizieren.

Zweites denkbare Einsatzfeld: Berufsfelder, die eine hohe Konzentration der Mitarbeiter erfordern, beispielsweise von Piloten, Lokführern, Busfahrern oder Fluglotsen. Hier sollen die elektronischen Schutzengel eines Tages Wachheit und Konzentration kontrollieren und im Falle des Falles warnen – «bei Mitarbeitern, die dies wünschen», erklärt der ETH-Professor, «und ich kann mir vorstellen, dass das nicht wenige sein werden». Vor dem potenziellen Beginn des Flagship-Projektes ist in jedem Fall geplant, mit Vertretern betroffener Berufsgruppen über die Akzeptanz derlei innovativer Technik zu reden.

Im Bereich der Umweltüberwachung, so ein anderes Gedankenspiel, sollen einzelne Guardian Angels vernetzt werden, um drohende Gefahren frühzeitig zu erkennen. Durch die Kommunikation einzelner Überwachungsstationen potenziert sich die Wirkung einzelner Messstationen. So könnten Warnungen vor Naturkatastrophen ohne Verzögerungen herausgehen. Oder über die Pollenbelastung im Frühjahr, «so dass Allergiker den schlimmsten Blütenstaubwolken gegebenenfalls ausweichen können», hofft Hierold. Ein Netz aus Umweltsensoren kann aber auch grossräumig Echtzeitdaten erheben, die Heiz-, Transport- oder Energiekosten einsparen helfen.

### Energie für Engel

Das alles unter der Voraussetzung, die Technologie für Guardian Angels stünde im Jahr 2020 oder 2025 zur Verfügung. Bis dahin warten auf Hierold und seine Partner wie Professor Adrian Ionescu von der ETH Lausanne, der das Projekt initiiert hat, einige scheinbar riesige Hürden – etwa die autonome Energieversorgung. Das Energieproblem kennt jeder, der sich immer wieder über die limitierten Reserven seines Akkus im Mobiltelefon ärgert. Auch für das Projekt Guardian Angels ist die Strom-Frage entscheidend. Einerseits «müssen die Sensorensysteme für ihre potenziellen Anwendungen so wenig Strom wie möglich verbrauchen», sagt Christofer Hierold. Soll heissen: Es braucht effektivere Rechenwerke, Transistoren, Schaltungen und Software. Andererseits sollen die elektronischen Engel ihren Strom aus ihrer direkten Umgebung gewinnen – ohne Batterien oder

Akkus, die gewechselt oder von aussen aufgeladen werden müssen. Die Energie könnte aus Temperaturunterschieden auf der Haut, aus Licht, aus elektromagnetischer Energie, aus Vibrationen und den Bewegungen der Menschen gewonnen werden. Hundert- bis tausendmal weniger Energie sollen diese hochspezialisierten Systeme in zehn Jahren verbrauchen – ausgehend vom derzeitigen Stand der Technik.

Zur Energiegewinnung liessen sich Nanostrukturen nutzen, die – sofern auf grösseren Flächen integriert – zum Beispiel aus geringen Temperaturunterschieden sehr effizient Energie erzeugen. Die produzierten Energiemengen werden gering sein, aber ausreichend. Für die Sensoren könnten «Carbon Nanotubes» als Funktionselemente eingesetzt werden. Das sind kleine Röhren aus einer Kohlenstoffstruktur – kaum grösser als zwei bis drei Nanometer im Durchmesser –, die in Wechselwirkung mit der Umwelt treten und abhängig davon Strom leiten. «Sie sind deshalb gut als Sensoren der Zukunft zu gebrauchen, da sie extrem wenig Energie verbrauchen und trotzdem ausreichende Empfindlichkeiten versprechen», hofft Hierold. Für ihn ist das ganze System der Guardian Angels «die Demonstration von Ultra-Low-Power-Technologie, die unzählige neue Lösungen auch für andere Anwendungen anregen wird». Allerdings müssten die Forscher auf dem langen Weg bereit sein, in vielen Bereichen radikal umzudenken und geltende Paradigmen umzustossen. Christofer Hierold: «Wir brauchen nur den Mut dazu.» Und viel Grips und Know-how, selbstredend.

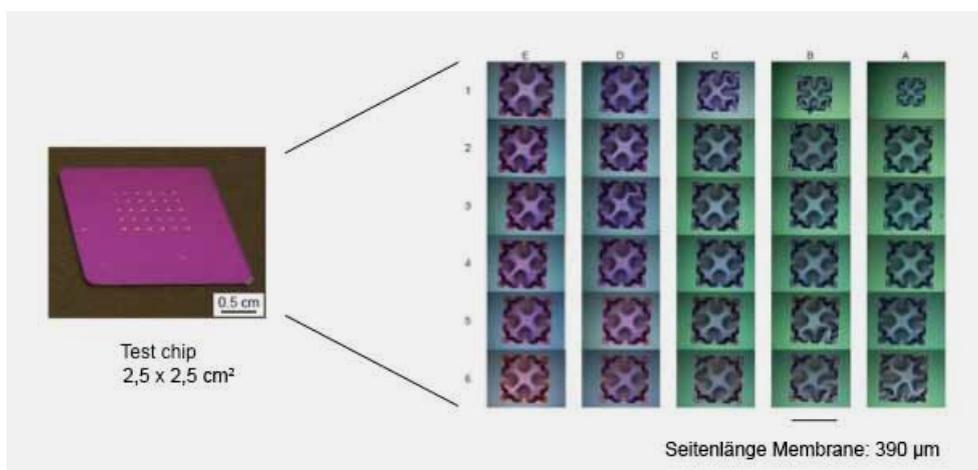
→ [www.futurict.ethz.ch/FuturICT](http://www.futurict.ethz.ch/FuturICT)

→ [www.ga-project.eu/](http://www.ga-project.eu/)

# Energiewandler für die Energiewende

Wo Strom nicht aus der Steckdose kommt, sollen ihn künftig Brennstoffzellen liefern. Chemiker und Materialwissenschaftler der ETH und des Paul-Scherrer-Instituts suchen nach der optimalen Zelle.

Catarina Pietschmann



Testchip (links) mit 30 Mikro-Festoxidbrennstoffzellen (rechts). Jede Brennstoffzelle ist 390 x 390 Mikrometer klein. (Bild: Michel Prestat)

Zu den Hoffnungsträgern für einen nachhaltigen Energiemix der Zukunft gehören Solarenergie und Windkraft. Doch welche Technologie wird unsere Mobilität sichern? Klimaneutral, risikofrei und zuverlässig soll sie sein, effizient, möglichst unabhängig von der Steckdose und auf erneuerbaren Energiequellen basieren – so wie die Brennstoffzelle.

Ihre Vorteile: Sie wird gespeist mit unerschöpflich verfügbarem Sauerstoff und leicht herstellbarem Wasserstoff. Sie erzeugt keine schädlichen Abgase – nur Wasser. Und ihr Wirkungsgrad ist mit 35 bis 60 Prozent höher als

bei den meisten Verbrennungsmotoren. Denn während diese Benzin erst über den Umweg «Wärme» nutzen können, wandelt die Brennstoffzelle die Energie, die in den chemischen Bindungen steckt, direkt in Strom um. Wie beträchtlich sie ist, wissen wir aus der Chemie-stunde: Ein Wasserstoff-Sauerstoff-Gemisch explodiert in der Nähe einer offenen Flamme mit lautem Knall. Eine Reaktion, die, wenn man sie bündigt, Strom erzeugt.

Hinter der simplen Gleichung  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$  stecken Prozesse, die Christian Friedrich Schönbein bereits 1838 entdeckte: Als er zwei Platin-

drähte in Salzsäure tunkte, mit den beiden Gasen umspülte und die Drähte verband, mass er einen Strom. Es ist die Umkehrung der Elektrolyse, der elektrochemischen Spaltung von Wasser. Ein Verfahren das benutzt wird, um beide Gase grosstechnisch herzustellen.

## Bereits vielfältig im Einsatz

Brennstoffzellen sind keine Fiktion und manche Typen sind längst im «Spezialeinsatz»: Seit den 1960er-Jahren erzeugen sie den Bordstrom bei Raumflügen. Zwar gibt es bei fast jeder neuen Technologie anfangs Pannen – so wie die Explosion eines Sauerstoffbehälters bei der Apollo-13-Mission, die sich der Welt durch den Notruf «Houston, we have a problem» ins Gedächtnis brannte. Heute dagegen sind die Zellen zuverlässiger als Generatoren, geräuscharm und sparsam. Sie lassen U-Boote durch die Tiefen der Weltmeere gleiten, sichern die Notstromversorgung in Kliniken, und selbst im arktischen Winter ist auf sie Verlass: Wenn kein Sonnenstrahl die Solarzellen der Forschungsstation Neumayer II streift und der Windgenerator eingefroren ist, springt eine methanolbetriebene Brennstoffzelle (DMFC) ein.

So verschieden Brennstoffzellen inzwischen auch sind: Am Prinzip hat sich seit 1838 nichts geändert. Man braucht zwei Elektroden, einen Elektrolyten, der sie trennt, sowie Sauerstoff und den Brennstoff. Neben Wasserstoff taugen dazu auch wasserstoffhaltige Verbindungen



Prototyp einer metallorganischen Brennstoffzelle. (Bild: Peter Rüegg)

wie Methanol oder Ethanol. Die Raffinesse liegt in den Details. An der ETH und weltweit forschen Elektrochemiker, Materialwissenschaftler und Ingenieure an diversen Zelltypen und deren Komponenten, damit sie einmal vielfältige Aufgaben übernehmen können: von der stationären Versorgung grösserer Gebäudekomplexe über den Fahrzeugantrieb bis zum Akkuerersatz für Smartphone oder Laptop.

#### Platinersatz gesucht

Vor dem Masseneinsatz stehen grosse Herausforderungen. Zwar besteht beim Brennstoff kein Mangel. Aber wie sieht es mit den Elektroden aus? Einst vollständig aus Platin, sind sie heute oft aus Kohlenstoff oder Nickelschaum und mit Nanopartikeln aus Platin oder Palladium beschichtet. Doch das Edelmetall ist extrem teuer. «Es gäbe gar nicht genügend Platin auf unserem Planeten, um den Bedarf zu decken, wenn wir die Energieversorgung weitgehend auf Brennstoffzellen umstellen wollen», sagt Hansjörg Grützmacher, Professor für Anorganische Chemie an der ETH.

Wie so oft hilft der Blick in die Natur. Dort oxidieren Enzyme hocheffizient Wasserstoff. Aber schon wegen ihrer gigantischen Molekülgrösse sind die Proteine zur Elektrodenbedeckung ungeeignet. Synthetische Katalysatoren aus viel kleineren Metallkomplexen beherrschen das Kunststückchen aber auch. Das brachte den Grundlagenforscher auf eine Idee: Wenn Metallpartikel und Enzyme es können – warum nicht kleine Komplexe aus organischen Molekülen und einem Metallion? Er nahm einen Rhodiumkomplex, der gut Alkohol oxidiert, presste ihn mit Kohlenstoffpulver zu Elektroden und voilà – es klappte. Der Machbarkeits-

nachweis für die biologisch inspirierte Organometallische Brennstoffzelle (OMFC) steht. Sie verarbeitet sogar Zucker zu Strom. «Bezogen auf den Umsatz pro Metallatom werden diese Elektroden um den Faktor 100 bis 1000 effizienter sein als herkömmliche», ist sich Grützmacher sicher. Auch Komplexe preiswerterer Metalle als Rhodium sollten funktionieren. Nickel etwa oder Eisen, das häufigste metallische Element in der Erdkruste.

#### Powerpaket fürs Auto

An Polymer-Elektrolyt-Brennstoffzellen (PEFCs) für Fahrzeuge arbeitet ETH-Professor Thomas Schmidt am Paul-Scherrer-Institut (PSI). Bereits seit 20 Jahren forscht man im PSI-Labor für Elektrochemie an dieser Technologie: von der Entwicklung neuer Materialien für die Komponenten, deren Diagnostik bis hin zum Bau von Brennstoffzellen-Stapeln, mit denen sich die Leistung der einzelnen Zelle multiplizieren lässt. Und in Kooperation mit der BELENOS Clean Power Holding wird an kompletten Systemen fürs Auto gearbeitet.

Momentan beschäftigt sich das Labor mit der Polymermembran. Denn sie ist ein zentraler Bestandteil und kritischer Punkt der Zelle. Im Auto sollte sie 3000 Betriebsstunden überstehen – zehn Autojahre. Und das in aggressivem saurem Milieu. Nur sehr stabile Polymere sind dafür geeignet. Genau solche entwickelt das PSI-Team auf Basis preisgünstiger Kunststoffe.

#### Minizellen für Notebooks

Die Gruppe von ETH-Professor Ludwig Gaukler hat das andere Ende des Leistungsspektrums im Sinn. «OneBat», die Miniatur-Brennstoffzelle für die Aktentasche, als Alternative zur Li-

thiumbatterie. «Wegen der besonders hohen Energiedichte und spezifischen Energie eignen sich für solche mobilen Anwendungen besonders Festoxidbrennstoffzellen wie OneBAT», erklärt Projektleiter Michel Prestat. «Ein Notebook könnte damit kabellos ungefähr zehn Stunden laufen.» Typischerweise wird die keramische Membran einer Festoxidbrennstoffzelle (SOFC) erst bei 400 bis 550 Grad Celsius elektrisch leitend. Deshalb ist dieser Zelltyp auch sehr flexibel, was den Brennstoff angeht. Bis auf 350 Grad Celsius konnte das Team die Temperatur absenken – unter anderem durch Entwicklung eines nur einen Mikrometer dünnen Keramikfilms und ebenso feiner Elektroden. Das alles wird kostengünstig bei Normaldruck auf Siliziumchips aufgebracht. Gespeist wird die 400 x 400 Mikrometer kleine Zelle mit Butan. Die nötige Temperatur entsteht von selbst, wenn das Flüssiggas mit Sauerstoff in einer winzigen Kammer reagiert. Der Prototyp ist kaum grösser als eine Streichholzschachtel.

SOFC, OMFC, PEFC, DMFC – das sind nur einige Mitglieder der «Brennstoffzellenfamilie». Aber wie wird nun die automobiler Zukunft aussehen? In Deutschland erregen sich die Gemüter noch über Ethanol-Prozente im Sprit. Die Industrie propagiert den Hybridantrieb, die Politik batteriebetriebene Stadtautos. Für Hansjörg Grützmacher ist klar, dass für Langstrecken mittel- bis langfristig die Brennstoffzelle das Rennen macht.

Nur Wasserstoff-Tankstellen sieht er aus Sicherheitsgründen nicht. Eine Alternative: «Natriumborhydrid als H<sub>2</sub>-Quelle.» Ein Feststoff, der leicht aus Borax herstellbar ist, einem Salz, das etwa in Südamerika und China reichlich lagert. Nach Gebrauch müsste nur die Kartusche ausgetauscht werden. Eventuell wäre das Borax sogar weitgehend regenerierbar. Ein Brennstoff, der sich nicht verbraucht – für eine Technologie, die nichts als Strom und Wasser erzeugt.

→ [www.ene.web.psi.ch](http://www.ene.web.psi.ch)

→ [www.nonmet.mat.ethz.ch/research/onebat](http://www.nonmet.mat.ethz.ch/research/onebat)

## Jahr der Chemie

Die UNO hat 2011 zum Jahr der Chemie erklärt.

ETH Globe stellt in seiner Serie Forschung aus Chemie und Materialwissenschaft vor. Details zum Jahr der Chemie:

→ [www.chemistry2011.ch/](http://www.chemistry2011.ch/)

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



Vanessa Wood in ihrem Labor an der ETH Zürich. Die Experimente mit den ultrafeinen Nanopartikeln finden in isolierter Umgebung statt. Zum Schutz tragen die Forscher spezielle Handschuhe. (Bild: Tom Kawara)

# Ein Faible für Hightech-Zwerg

**Vanessa Wood gehört zu jenen Wissenschaftlern, die man gerne als «Überflieger» bezeichnet: Yale-Absolventin mit 22, Doktorin mit 26, Professorin mit 27 Jahren. Im Gespräch mit ETH Globe erzählt die Nano-Forscherin, warum sie sich für Strukturen begeistert, die 80 000-mal kleiner sind als der Durchmesser eines Haars.**

Christine Heidemann

Die schlanke, junge Frau mit den langen, braunen Haaren könnte ohne weiteres als Studentin der Sport- und Bewegungswissenschaften durchgehen. Denn Vanessa Wood sieht nicht nur sportlich aus, sie ist es auch, wie sich nach kurzem Gespräch herausstellt. Sie schwimmt und läuft leidenschaftlich gerne – und gut: Erst kürzlich ist sie Erste in ihrer Altersklasse beim Zermatt-Marathon geworden. «Beim Laufen kommen mir oft die besten Ideen», versichert die 28-Jährige. Doch mit Sport haben diese Ideen in der Regel nichts zu tun. Sie drehen sich um ein Universum, das noch weitestgehend unerforscht ist: Die Welt der Nanoteilchen.

Seit Januar 2011 ist Vanessa Wood Professorin für Nanophotonik und Nanoelektronik am Departement für Informationstechnologie und Elektrotechnik der ETH Zürich. Zuvor war sie fünf Jahr lang am Massachusetts Institute of Technology (MIT), wo sie ihren Master und Doktor machte und ihr Postdoktorat absolvierte. «Ich war auf der Suche nach einer Professur und plötzlich, im Februar 2010, kam ein Anruf von der ETH.» In Zürich hatte man von der begabten, aufstrebenden Nanowissenschaftlerin gehört – und eine Professur im Angebot, die genau auf Vanessa Wood zugeschnitten schien.

«Sie fragten an, ob ich mich bewerben wolle, und das tat ich.» Sicherlich hätte die in Florida geborene US-Amerikanerin auch woanders sehr gute Chancen gehabt, doch die Bedingungen an der ETH hatten es ihr sofort angetan: «Ich war begeistert von den hier zur Verfügung stehenden Ressourcen und den anderen Wis-

senschaftlern, die ich bei meinem Besuch kennengelernt hatte. Ich spürte einen starken Kooperationsgeist und viel Enthusiasmus für die Forschung.»

## **Auf der High School in die Physik verliebt**

Diese enorme Begeisterung für die Forschung ist auch bei der jungen Professorin sofort zu spüren, wenn sie von ihrer Arbeit erzählt. Eine Begeisterung, die sich schon früh entwickelte: Bereits während ihrer Zeit an der High School hat sich Vanessa Wood, wie sie sagt, in die Wissenschaft und speziell die Physik «verliebt» und nebenher in einem Labor an der Yale University gearbeitet – eine einmalige Gelegenheit, Gelerntes sofort anzuwenden. «Das war wahnsinnig aufregend, und ich wusste: das möchte ich für den Rest meines Lebens machen.»

Die Forscherin interessiert sich besonders für den Ladungstransport in Nanomaterialien von neuen Energiesparsystemen, wie Akkus, Solarzellen und Leuchtdioden. Die Suche nach Antworten ist knifflig. Denn die «Werkstoffe» mit denen Vanessa Wood experimentiert sind 80 000-mal kleiner als der Durchmesser eines menschlichen Haars. «In unseren Labors interessieren wir uns für Werkstoffe mit Abmessungen von unter 50 Nanometern.» Das Problem: Unterhalb dieser Grenze verhalten sich Materialien völlig anders als grössere Partikel desselben Materials. So zeichnen sich Nanopartikel unter anderem zwar durch aussergewöhnliche optische Eigenschaften aus, die vor

allem für Anwendungen in Solarzellen und in der Beleuchtungstechnik interessant sind. Doch beim Transport von Ladungen tun sich die Winzlinge schwer. Auch können Nanopartikel von elektrochemisch aktiven Materialien die Akkuleistung verbessern; jedoch verstehen die Wissenschaftler noch nicht, wie sich die Ladung in diesen Nanomaterialien bewegt und wie folglich die Materialien und deren Gebrauch in Akkus optimiert werden müssen.

## **Mehr Power für Elektroautos**

«Wir wissen noch wenig darüber, wie Ladungsträger an der Oberfläche von Nanomaterialien interagieren», sagt Wood. Diese Erkenntnis ist jedoch wichtig, da die mikroskopisch kleinen Teilchen eine im Verhältnis zu ihrem Volumen sehr grosse Oberfläche haben. «Dadurch lassen sich höhere Lade- und Endladeströme erzielen, die beispielsweise für Anwendungen in Elektroautos interessant sein könnten.»

Denn mit kleineren, günstigeren und effizienteren Akkus könnten Elektrofahrzeuge schneller «aufgetankt» werden und hätten mehr Power. Einen revolutionären Schritt in diese Richtung hat die Forscherin bereits während ihrer Zeit am MIT geschafft. Dort forschte sie in der Gruppe von Yet-Ming Chiang, einem der weltweit führenden Wissenschaftler, wenn es um die Entwicklung neuer Batterien geht. Gemeinsam mit ihm und anderen Mitarbeitern entwickelte sie eine neuartige Flüssigbatterie – einen Akku aus einem zähflüssigen Elektrolyten. Dazu spalteten die Forscher die Grundstoffe eines klassischen Lithium-Ionen-Akkus in mikroskopisch kleine Teilchen auf und betteten diese in eine Flüssigkeit ein. Dadurch ist der Akku bei gleicher Leistung weniger schwer als bisher verfügbare Systeme. Und zum Aufladen müsste der Elektroautofahrer an der Tankstelle lediglich die Flüssigkeit austauschen, also das alte, «leere» Elektrolyt absaugen und neues einfüllen.



## Zur Person

Vanessa Wood ist seit Januar 2011 am Departement für Informationstechnologie und Elektrotechnik der ETH Zürich tätig. Sie leitet dort das Labor für Nanoelektronik. Zuvor hatte sie als Forscherin eine Postdoc-Stelle unter der Leitung von Professor Yet-Ming Chiang und Professor Craig Carter in der Abteilung für Materialwissenschaften am Massachusetts Institute of Technology (MIT) inne, wo sie nanostrukturierte Kolloidsuspensionen für Energiespeicheranwendungen untersuchte. Vanessa Wood erwarb einen Master of Science und ein Doktorat in der Abteilung für Elektrotechnik und Informatik des MIT. Dort forschte sie an Nanokristallen in Flüssigkeiten und untersuchte deren Einsatz in optoelektronischen Vorrichtungen wie Leuchtdioden und Solarzellen.

→ <http://lne.ee.ethz.ch>

→ [www.zurich.ibm.com/nanocenter/](http://www.zurich.ibm.com/nanocenter/)

Ebenso vielversprechend ist ein anderes Projekt aus Vanessa Woods Forschungsrepertoire. Gefördert von der ETH, erforscht die Wissenschaftlerin, gemeinsam mit ETH-Professor Hyung Gyu Park vom Departement für Maschinenbau und Verfahrenstechnik sowie Jörg Patscheider von der EMPA, zurzeit neue Materialien in Solarzellen. Denn im Gegensatz zu grösseren Stücken eines optisch aktiven Halbleitermaterials, die jeweils nur eine Lichtfarbe absorbieren können, absorbieren einzelne Partikel dieses Materials Licht ganz unterschiedlicher Farben. Mit diesen sogenannten Quantenpunkten liess sich also ein breiteres Farbspektrum einfangen und damit die Energieausbeute von Solarzellen steigern. Zugleich untersucht das Forscherteam, wie Kohlenstoffnanoröhrchen-Elektroden die Solarenergie, die von Nanopartikeln gesammelt wurde, effizienter in elektrische Energie umwandeln können. «Das Interesse der Wirtschaft ist gross», sagt Vanessa Wood.

### Nanofreundlicher Reinraum

Für ihre zukunftsweisende Forschung stehen Vanessa Wood gleich zwei Labore zur Verfügung – eines davon im neuen «Binnig and Rohrer Nanotechnology Center» in Rüschlikon, das gemeinsam von der ETH und IBM betrieben wird. Der dortige Reinraum steht auch Woods Studenten und Doktoranden offen. Er ist einer der wenigen Reinnräume weltweit, die spezifisch für Nanotechnologieforschung entwickelt wurden. Die Möglichkeit, dort sehr eng mit IBM-Forschern zusammenzuarbeiten, sei für ihre Studenten und Doktoranden einzigartig.

Wie diese auf eine so junge Professorin reagieren? «Sie sehen mich als Vorbild, für das, was sie in ein paar Jahren selbst sein könnten.» Im Übrigen konzentriere man sich auf die Forschung. Das Alter spiele da keine Rolle.

Und wie geht sie mit den Ängsten der Menschen um? Schliesslich sind Experimente mit Nanomaterialien für viele eine ungemütliche Vorstellung. Zu wenig ist bekannt über die Folgen, sollten die Teilchen unkontrolliert in die Umwelt gelangen. Auch hier hat die 28-jährige eine klare Antwort parat; schliess-

lich sei Nanotechnologie nicht gleich Nanotechnologie: «Unser Labor arbeitet nicht an biologischen Anwendungen. Unsere Nanopartikel sind in Geräten verkapselt, so dass sie mit dem menschlichen Körper oder der Umwelt nicht in Berührung kommen.» Zudem seien alle Labors mit speziellen Be- und Entlüftungssystemen ausgestattet und verfügten über chemische Entsorgungsverfahren, um die Nanopartikel zu isolieren. «Wir sind der Meinung, dass man alle Vorsichtsmassnahmen treffen sollte, um die Sicherheit der Forscher zu gewährleisten und jegliche Umwelteinwirkungen zu vermeiden.»

Ausserdem habe jeder Wissenschaftler und jede Wissenschaftlerin die ethische Verpflichtung, sich mit den Auswirkungen zu beschäftigen, die mit der Herstellung und Entsorgung neu entwickelter Werkstoffe und Produkte verbunden seien. Ein erster Schritt besteht darin, die Risiken zu erforschen. «In der Schweiz sind wir in der glücklichen Lage, über das nationale Forschungsprogramm «Chancen und Risiken von Nanomaterialien» gleichzeitig einen positiven Dialog über die Sicherheit führen und in die Sicherheit investieren zu können.»

Vanessa Wood wirkt ernst, wenn Sie diese Worte sagt. Ihr ist es wichtig, dass die Menschen Vertrauen in sie, ihre Kollegen und in die Nanoforschung haben. Zwar könnten Nanomaterialien nicht alle Energieprobleme lösen und die Technologie nicht augenblicklich verbessern. Dazu gebe es noch viel zu viele offene Fragen: «Aber diese nach und nach zu beantworten macht es so spannend, in diesem Forschungsgebiet zu arbeiten.»

# «Wie profitiert die ETH Zürich von «Society in Science», Herr Chen?»

Interview: Christine Heidemann

*Peter Chen:* Für die ETH ist es sehr wichtig, in die Zukunft zu schauen. Deshalb suchen wir die «ideas leaders». Ganz gleich, ob wir diese Ideengeber als künftige Professoren sehen oder nicht – wir möchten gerne im Voraus wissen, in welchen Bereichen die wirklich interessanten Entwicklungen stattfinden. «Society in Science» ist ein Instrument dafür. Das heisst, wir suchen junge Talente mit frischen Ideen, die völlig frei forschen können. Für die Industrie ist es selbstverständlich, langfristige Marktforschung zu betreiben. Mit Society in Science tun wir dies auch, nur auf andere Art und Weise.

**Mit Society in Science fördert die ETH junge Nachwuchswissenschaftler aus der ganzen Welt, die an einer Hochschule ihrer Wahl forschen können. Wie hat sich das Programm seit der Übernahme durch die ETH im Januar 2011 entwickelt?**

Wir haben einige wichtige Meilensteine erreicht und damit die erforderliche Unterstützung durch die ETH geschaffen. Dazu gehören die Beratung durch die Strategiekommission der ETH und die Einrichtung des notwendigen Backoffice. Auch haben wir die verschiedenen Vereinbarungen mit den Stipendiaten, also die Fondsübertragung, besser geregelt.

**Was unterscheidet Society in Science von anderen Fellowships, zum Beispiel in den USA?**

Erstens gibt es viele Fellowships, die beschränkt sind. Das heisst, man muss an einem bestimmten Ort arbeiten oder aus einem bestimmten Umfeld kommen. Bei uns gibt es diese Restriktionen nicht. Wir suchen einfach die besten jungen Nachwuchstalente aus allen Bereichen und Ländern. Zweitens richtet sich das Stipendium an Nachwuchstalente, die zwischen Promotion und erster Professorenstelle stehen. Das ist eine sehr schwierige Zeit. Und wir möchten diesen Ausnahmetalenten

die Chance geben, sich zu entwickeln und ihre eigene Laufbahn zu bestimmen.

**Wie erreichen Sie potenzielle Kandidaten, um an die kreativsten Köpfe heranzukommen?**

Das ist sehr schwierig. Es gibt andere Stipendien, die zum Beispiel Assistenzprofessoren unterstützen. In diesem Fall kann man die Hochschule fragen, welche von den Professoren am vielversprechendsten sind. Weil wir die Kandidaten aber vor der ersten Stelle suchen, können wir nicht denselben Mechanismus nutzen. Natürlich machen wir die übliche Werbung in der Fachpresse oder auf Websites. Aber wir haben beispielsweise auch versucht, die Kandidaten über Social-Media-Netzwerke zu finden. Das war für uns ein Experiment. Wir haben Facebook und Twitter genutzt und virale Videos produziert. Das ist alles neu für eine Hochschule. Aber die jungen Forscher nutzen diese Kanäle, so dass auch wir uns ihnen öffnen müssen.

**In diesem Jahr haben Sie vier neue Fellows ausgewählt. Wie viele hatten sich beworben und was hat den Ausschlag für die vier gegeben?**

Unser Ziel für dieses Jahr war es, 200 bis 300 Bewerbungen zu erhalten. Auf unsere Werbekampagne haben sich mehr als 300 Bewerberinnen und Bewerber gemeldet. Wir haben also das Ziel erreicht. Von diesen 300 haben wir 21 ausgewählt, um sie eingehender zu diskutieren. Neun davon haben wir zum Interview eingeladen und schliesslich vier ausgewählt. Der Prozess war also ziemlich hart. Im Wesentlichen zeichnen sich die Ausgewählten durch drei Eigenschaften aus: Sie sind hochqualifiziert, interdisziplinär tätig und haben bereits eine Ahnung davon, welche Bedeutung ihre Forschung für die Gesellschaft haben wird.



Peter Chen wünscht sich, dass die kreativsten Köpfe weltweit ihre Ideen mithilfe von «Society in Science» verwirklichen. (Bild: Giulia Marthaler)

**Was wünschen Sie sich für die Zukunft von Society in Science?**

Ich möchte, dass die allerbesten Kandidaten zuerst an uns denken, wenn sie von ihrer beruflichen Zukunft träumen. Dass sie versuchen, bei uns die notwendige Unterstützung zu bekommen. Dann hätten wir unser Ziel erreicht und könnten aus den allerbesten Kandidaten mit den allerbesten Ideen auswählen. Das wäre für die ETH ein grosser Gewinn.

---

## Society in Science

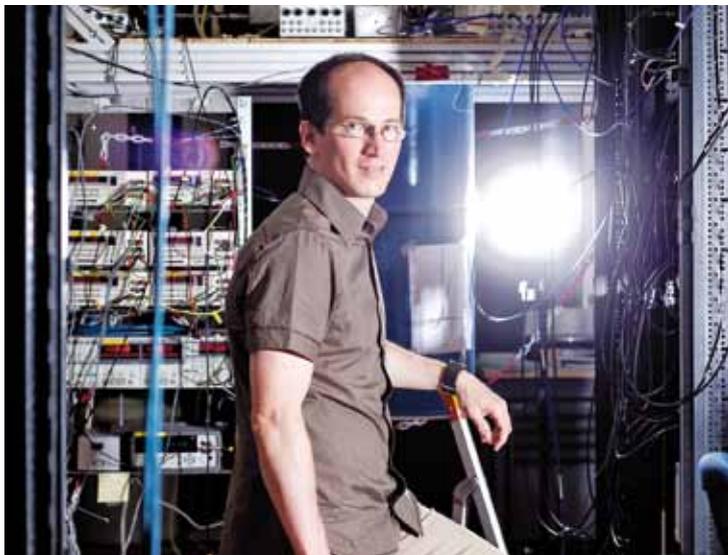
Society in Science ist ein Förderprogramm der ETH Zürich für Nachwuchsforschende. Der verstorbene Unternehmer und Mäzen Branco Weiss hat Society in Science per 1. Januar 2011 der ETH Zürich übergeben. Damit verbunden war eine Schenkung von 20 Millionen Franken, die eine erfolgreiche Zukunft des Programms sichern soll. Delegierter der Schulleitung für Society in Science wurde der ehemalige Vize-Präsident für Forschung und Wirtschaftsbeziehungen und Professor für Physikalisch-Organische Chemie Peter Chen.

→ [www.society-in-science.org](http://www.society-in-science.org)

# Mit Quantensprüngen zum Erfolg

Der diesjährige Max-Rössler-Preisträger, der Physiker Andreas Wallraff, forscht mit dem Ziel quantenmechanische Maschinen zu bauen. Der Max-Rössler-Preis ist der höchst dotierte Forscherpreis der ETH Zürich und wurde 2007 durch eine Donation an den «Strategischen Fonds» der ETH Zürich Foundation ins Leben gerufen.

Simone Ulmer



Andreas Wallraff in seinem Labor, wo speziell entwickelte Kühlgeräte zur Vibrationsdämpfung von der Decke hängend montiert sind. (Bild: Nicola Pitaro / Der Bund)

Er ist 40 Jahre jung und vom Erfolg verwöhnt. Andreas Wallraff erhielt 2006 den «Nicholas Kurti European Science Prize» und 2009 den prestigeträchtigen «European Research Council (ERC) Starting Independent Research Grant» in Höhe von 1,9 Millionen Euro. Im Juni wurde er am «Thanksgiving», dem Donatorenanlass der ETH Zürich, mit dem Max-Rössler-Preis (siehe Kasten) ausgezeichnet. «Erfolgsverwöhnt» fühlt sich Wallraff jedoch weniger wegen seiner Auszeichnungen. Gelten lässt er diese Bezeichnung vielmehr deshalb, weil für ihn als Quantenphysiker bereits heute ein Traum wahr geworden ist: Er hat sein eigenes Labor und seine eigene Forschungsgruppe. Damit kann er seine For-

schungsziele frei wählen und Schwerpunkte selbst setzen. Die Quantenphysik im Beruf vereint. Damals war die Forschung so weit fortgeschritten, dass die Zeit reif war, von der Quantentheorie in die Praxis einzusteigen und zu experimentieren. Man konnte sich daran wagen, Systeme zu entwickeln, die zur Informationsverarbeitung die quantenmechanischen Eigenschaften von Elektronen und Photonen nutzen. Heute erforschen und entwickeln Wallraff und sein Team quantenmechanische Maschinen. Sie bauen auf wenige Millimeter grossen Chips elektronische Schaltungen, auf denen herkömmliche Transistoren durch Bausteine ersetzt werden, die die Quantenphysik nutzen. Die Geräte und Bauelemente des Chips sind nur einige zehn bis hundert Nanometer gross,

also mehr als 10 000-mal kleiner als ein Millimeter. Da sie quantenmechanisch funktionieren, können die Forscher damit komplexe Aufgaben in der Informationstechnologie und in der Messtechnik effizienter lösen als mit herkömmliche Schaltungen. Solche Systeme sollen in Zukunft noch leistungsfähigere Computer, die Quantencomputer, ermöglichen.

## Quantenphysik und Computer

Während Wallraff daran forscht, mithilfe einzelner Photonen Quanteninformationen zu verarbeiten, arbeiten andere Wissenschaftler mit Elektronen, Atomen oder Ionen, um dieselben Ziele zu erreichen. Eines der Ziele ist, sogenannte Quanten-Bits, kurz Qubits, als Informationsspeicher zu nutzen. Ein Qubit ist die kleinste Speichereinheit eines Quantencomputers und unterscheidet sich vom Bit des klassischen Computers darin, dass sich auf ihm, bedingt durch die quantenmechanischen Eigenschaften der Photonen oder Elektronen, zwei Informationen gleichzeitig speichern lassen. Dadurch können komplexe Rechenoperationen effizienter durchgeführt werden als auf dem klassischen Computer, auf dessen Bits der Zustand entweder 0 oder 1, aber nie wie beim Qubit beides sein kann.

Während Wallraff daran forscht, mithilfe einzelner Photonen Quanteninformationen zu verarbeiten, arbeiten andere Wissenschaftler mit Elektronen, Atomen oder Ionen, um dieselben Ziele zu erreichen. Eines der Ziele ist, sogenannte Quanten-Bits, kurz Qubits, als Informationsspeicher zu nutzen. Ein Qubit ist die kleinste Speichereinheit eines Quantencomputers und unterscheidet sich vom Bit des klassischen Computers darin, dass sich auf ihm, bedingt durch die quantenmechanischen Eigenschaften der Photonen oder Elektronen, zwei Informationen gleichzeitig speichern lassen. Dadurch können komplexe Rechenoperationen effizienter durchgeführt werden als auf dem klassischen Computer, auf dessen Bits der Zustand entweder 0 oder 1, aber nie wie beim Qubit beides sein kann.

## Zukunftsmusik im Verbund

Der in diesem Jahr gestartete Nationale Forschungsschwerpunkt «Quantum Science and Technology» (QSIT), der von der ETH Zürich geleitet wird, bildet für Wallraff einen idealen Forschungsrahmen. Der Forschungsverbund fördert die Zusammenarbeit zwischen den 33 Schweizer Forschungsgruppen in den Quantenwissenschaften. Wallraff arbeitet beispielsweise mit Frédéric Merkt, Professor

für Physikalische Chemie an der ETH Zürich, zusammen. Merkt möchte sogenannte Rydberg-Atome für die atomare Quanteninformationsverarbeitung nutzen. Diese Atome haben einen etwa 1000- bis 10 000-mal größeren Durchmesser als normale Atome und lassen sich daher besonders gut mit elektromagnetischer Strahlung bei Mikrowellenfrequenzen, ähnlich denen, die Wallraff in seinen Experimenten verwendet, kontrollieren. Die Quantenzustände müssen exakt kontrolliert werden, damit die Informationen, die sie enthalten, möglichst fehlerfrei verarbeitet werden können. Qubits und Photonen in elektronischen Schaltungen, wie sie Wallraff erforscht, könnten deshalb mit den atomaren Qubits von Merkt in Wechselwirkung treten. Die Kombination beider Systeme verspricht laut Wallraff bessere Eigenschaften für die Quanteninformationsverarbeitung.

Wallraff und seine Gruppe entwickeln neben Quantenbits auch Speichersysteme auf Quantenphysik-Basis und einen Quantenbus, über den die verschiedenen Elemente einer integrierten Schaltung Quanteninformationen untereinander austauschen können. Eine besondere Herausforderung für die Forscher sind die Bedingungen unter denen sie die Experimente durchführen. Um zum Beispiel die informationstragenden Photonen nicht durch sogenannte thermische Photonen zu stören, muss die Betriebstemperatur der entwickelten Chips nahe dem absoluten Nullpunkt liegen,

das heisst nur wenige hundertstel Grad über minus 273 Grad Celsius. Diese Bedingungen schaffen die Wissenschaftler in speziell von ihnen entwickelten Kühlgeräten, die vibrationsgedämpft von der Decke hängen, damit die fragilen Experimente auf den winzigen Chips möglichst wenig Erschütterung erfahren.

#### Talente pflegen

Sein Hightech-Labor hat Wallraff in den vergangenen Jahren von Grund auf erfolgreich aufgebaut. Wallraffs Geheimrezept für seinen Erfolg könnte sein, dass ihm zwei Dinge besonders wichtig sind: sein Team und der Sport. Eine gut funktionierende, engagierte und zufriedene Forschungsgruppe mit den besten Forschern seines Gebiets ist zentral für ihn. Deshalb wird er die 200 000 Franken des Max-Rössler-Preises vor allem für teambildende

Massnahmen und zur Finanzierung von einigen talentierten Masterstudenten nutzen.

Als leidenschaftlicher Sportler spielt Wallraff beim Akademischen Eishockey-Club Zürich (AECZ) seit fünf Jahren mit einer Seniorenmannschaft in der Schweizer Regioliiga. Er fährt Ski, trainiert mit Mitgliedern seines Labors für den Fussballcup des Physikdepartements und ist bei der SOLA-Stafette für sein Laborteam gelaufen. Während seines vierjährigen Aufenthalts an der Yale University im Anschluss an seine Promotion wurde ihm wegen seines sportlichen Engagements der «Multitalent Award» verliehen. Woher er neben seiner erfolgreichen Forschung noch die Zeit für den Sport nimmt? Das Motto des Rössler-Preisträgers ist ganz einfach: «Die Arbeit gut organisieren und die verfügbare Zeit für Aktivitäten nutzen, die einem sonst noch Spass machen.

## Max-Rössler-Preis

Der promovierte Mathematiker und ETH-Absolvent Max Rössler schenkte 2007 der ETH Zürich zehn Millionen Franken in Form einer Donation an die ETH Zürich Foundation. Mit dem Preis wird jeweils ein besonders vielversprechender junger ETH-Professor in der Expansionsphase seiner Forscherkarriere gefördert. Die Auszeichnung wurde 2011 zum dritten Mal vergeben. Damit soll das Potenzial eines Wissenschaftlers gefördert werden, der in einem naturwissenschaftlichen oder technischen Bereich forscht. Bis anhin erhielten der Strukturbiologe Nenad Ban und der Erdwissenschaftler Gerald Haug den mit 200 000 Franken dotierten Preis.

Weitere Informationen: Donald Tillman, Geschäftsführer der ETH Zürich Foundation, [donald.tillman@ethz-foundation.ch](mailto:donald.tillman@ethz-foundation.ch)

Ich  
überzeuge mit  
Energie.



Wo fliesst Ihre Energie? Finden Sie's raus – Infos zum Einstieg bei der BKW-Gruppe gibt es unter:

[www.bkw-fmb.ch/karriere](http://www.bkw-fmb.ch/karriere)

**BKW**®

Chemie-Assistent um 1917 an der ETH Zürich. Noch wenige Jahre zuvor hätten Chemiker nur an der Universität promovieren können. (ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv)

# Wie das Poly zur ETH wurde

Vor 100 Jahren wurde aus dem eidgenössischen Polytechnikum die Eidgenössische Technische Hochschule. Der Namenswechsel markierte eine grundsätzliche Neuausrichtung: Die Hochschule wurde eine Institution, die sich auf derselben Augenhöhe sah wie die klassischen Universitäten.

Felix Würsten

Es war der Abschluss eines jahrelangen Reformprozesses: 1911 änderte das eidgenössische Polytechnikum seinen Namen in Eidgenössische Technische Hochschule, die sich bald unter dem Kürzel ETH als fester Begriff in der Schweizer Hochschullandschaft etablierte. Die Umbenennung war mehr als nur ein kosmetischer Eingriff: Die Hochschule wollte damit ihre Stellung als international führende Lehr- und Forschungsinstitution behaupten und war dazu auch bereit, sich an die veränderten internationalen Rahmenbedingungen anzupassen.

Ausgangspunkt für die Reformen waren Veränderungen in Deutschland. Die dortigen polytechnischen Schulen, denen das Zürcher Polytechnikum lange als Vorbild gedient hatte, konnten gegen Ende des 19. Jahrhunderts ihre Position nach und nach aufwerten, nicht zuletzt dank der zunehmenden gesellschaftlichen Akzeptanz der technisch orientierten Wissenschaften. So besass etwa die renommierte Technische Hochschule Charlottenburg in Berlin seit 1899 das Promotionsrecht und war damit in diesem zentralen Punkt den klassischen Universitäten gleichgestellt. Um sich klarer abzugrenzen, änderten auch andere angesehenere Institutionen in Deutschland ihren Namen in Technische Hochschule. Damit wollten sich die führenden Ausbildungsstätten von den zweitrangigen polytechnischen Schulen abgrenzen und verdeutlichen, dass sie sich auf gleicher Augenhöhe wie die klassischen Universitäten sahen.

#### Zum Promovieren an die Uni

Da die deutschen technischen Hochschulen damals als weltweit führend galten, entbrannte am eidgenössischen Polytechnikum ein zäher Disput, ob auch hierzulande vergleichbare Reformen nötig seien. Dabei ging es im Kern um zwei fundamentale Fragen: Welchen Stellenwert soll die akademische Forschung im Vergleich zur praxisorientierten Ausbildung erhalten? Und inwieweit soll die starre Studienordnung aufgelockert und den Studierenden mehr Verantwortung übergeben werden? Die Reformvorhaben stiessen auf grossen Widerstand, insbesondere beim damaligen Schulratspräsidenten Hermann Bleuler. Zusammen mit anderen Reformgegnern vertrat er die Auffassung, die Umbaupläne würden die bisherigen Erfolge des eidgenössischen Polytechnikums in Frage stellen. Die Befürworter der Reform hingegen stürzten sich beispielsweise daran, dass die Chemiker nur an der Uni-

versität Zürich promovieren konnten, obwohl das Polytechnikum in diesem Bereich doch über die besser ausgerüsteten Laboratorien verfügte.

Verstärkt wurde der Reformdruck durch den Umstand, dass sowohl das Polytechnikum als auch die Universität Zürich, die damals beide im heutigen ETH-Hauptgebäude untergebracht waren, in den vorhandenen Räumen an ihre Grenzen stiessen. Doch eine Genehmigung für den Ausbau zu bekommen war nicht leicht: Denn es war weder klar, wem was gehörte, noch wer im Einzelfall das Sagen hatte. Entsprechend kompliziert waren die Verhandlungen zwischen Bund, Kanton und Stadt.

#### Präsidentenwechsel

Erst als Hermann Bleuler 1905 durch den Chemieprofessor Robert Gnehm als Schulratspräsident abgelöst wurde, kam Bewegung in die verfahrenere Situation: Gnehm, ein vehementer Befürworter der Neuausrichtung, gelang es, die anstehenden Reformen in den folgenden Jahren nach und nach umzusetzen. Das eidgenössische Polytechnikum erhielt im Jahr 1908 vom Bundesrat das Promotionsrecht zugesprochen und führte daraufhin drei verschiedene Dokortitel ein. Ausserdem wurde der bisherige Schulzwang abgeschafft und durch das flexiblere System der Normalstudiengänge abgelöst.

Im selben Jahr wurden auch die Raumprobleme gelöst: Universität und Polytechnikum einigten sich im sogenannten Aussonderungsvertrag darüber, wie sie die bestehenden Bauten künftig aufteilen wollten. Und so konnte der Ausbau starten. Markantester Ausdruck dieser Weiterentwicklung ist das Kollegiengebäude, in das die Universität Zürich 1914 einzog und das seither als zweiter repräsentativer Bau neben dem ETH-Hauptgebäude das Zürcher Stadtbild prägt.

Schliesslich blieb als letzter Schritt noch die Umbenennung des Polytechnikums. Auch zu diesem Reformschritt gab es lange und ausführliche Diskussionen. Die Gegner vertraten die Ansicht, der traditionsreiche Name Polytechnikum dürfe nicht einfach so aufgegeben werden. Die Befürworter wiederum wiesen darauf hin, dass der Begriff Polytechnikum im Deutschland längst nicht mehr so viel Glanz hatte wie früher. Für Zündstoff sorgte vor allem auch die Frage, ob die Institution nur umbenannt werden könne, wenn das Bundesgesetz zuvor entsprechend angepasst würde – ein Schritt, den die Befürworter auf jeden Fall ver-



Die Polybahn (hier auf einer Postkarte um 1902) erinnert noch heute an den alten Namen der ETH. (ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv)



Schulratspräsident Robert Gnehm (1852–1926) setzte sich energisch für die Reform und den neuen Namen der ETH ein. (ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv)

meiden wollten. Ein historisches Gutachten kam jedoch zum Schluss, dass die Umbenennung mit dem bestehenden Gesetz durchaus vereinbar sei. So war schliesslich der Weg frei für den neuen Namen Eidgenössische Technische Hochschule.

#### Die Weichen richtig gestellt

«Die damaligen Reformen benötigten erstaunlich viel Zeit und konnten nur gegen grossen Widerstand durchgesetzt werden», blickt Patrick Kupper, Privatdozent an der Professur für Technikgeschichte und Mitverfasser einer Geschichte der ETH Zürich, zurück. «Aber letztlich wurden die Zeichen der Zeit doch richtig erkannt. Die Neuerungen führten zu einer sehr stabilen Struktur, die bis in die späten 1960er-Jahre hinein Bestand hatte.»

Obwohl sich die ETH Zürich unter dem neuen Namen in den letzten 100 Jahren erfolgreich etablieren konnte, ist der alte Name immer noch lebendig. So sprechen viele Zürcherinnen und Zürcher auch heute noch liebevoll vom «Poly», und auch die Bezeichnungen Polybahn, Polyterrasse und Polyball erinnern an die historischen Wurzeln der heutigen ETH Zürich.

# Bekenntnisse eines Neandertalers



Philipp Theisoohn ist Oberassistent an der Professur für Literatur- und Kulturwissenschaft der ETH Zürich. Für ETH Globe macht er sich als Kolumnist Gedanken über Gott und die Welt.

**Wer gut lehren will, muss diejenigen fragen, die es betrifft – selbst wenn deren Lehrideale 50 Jahre Didaktikgeschichte achselzuckend ignorieren, findet unser Kolumnist. Dabei outet er sich als evaluierter Frontalunterrichtler.**

Wer ernsthaft behaupten wollte, Universitätsdozenten seien nicht durchweg fanatische Anhänger von Fachdidaktik, dem ist unter Umständen recht zu geben. Nicht allein, dass sich der Verfasser dieser Kolumne – allen per Rundmail erfolgenden Bitten der hochschuldidaktischen Zentren zum Ärgernis – bisher erfolgreich um fast jede pädagogische Fortbildung herumgedrückt hat.

Bestens sind ihm auch Lehrstuhlbewerbungsgespräche in Erinnerung, bei denen der Studierendenvertreter den Kandidaten mit der Frage konfrontierte, welchen didaktischen Ansatz er verfolge, und dieser darauf kalt lächelnd die Antwort gab: «Ich habe den Text gelesen, Sie haben den Text gelesen: mehr Didaktik braucht es nicht.»

In Akademikerkreisen bekommt man als Reaktion auf diese Anekdote zumeist zustimmendes Gelächter zu hören. Oft wüsste man gerne, worüber da eigentlich gelacht wird. Es gibt da ja verschiedene Gründe, bessere und schlechtere. Zu den schlechteren gehört mit Sicherheit die Überzeugung, dass solche Fragen nach didaktischen Vorstellungen in Berufungskommissionen, ja: vielleicht sogar an Universitäten überhaupt, gar nichts zu suchen hätten. Der zynische Kommentar des Kollegen hat diesem Gelächter zufolge dem Popanz der Hochschulpädagogik einmal so richtig die Maske abgezogen.

Bei denjenigen, die aus diesem Grunde ins Lachen kommen, lässt sich im Anschlussgespräch dann auch nicht selten die Vorstellung registrieren, dass die Lehre sowieso überbewertet sei und den eigentlich wichtigen Dingen im Weg stünde. In der Forschung liegt die Kür, in der Lehre bestenfalls die Fron, die es zu reduzieren oder wahlweise auch zu delegieren gilt. Und in der höchsten Not, da reicht es dann eben, dass man gerade mal «den Text gelesen» hat – zur Not jemand anderes aus dem Plenum.

Dessen ungeachtet verhält es sich ja nun nicht so, dass jeder Verzicht auf vor Interaktivität und Medienkompetenz nur so strotzende Unterrichtskonzepte sich einem didaktischen Desinteresse verdankt. Ich selbst habe mir beispielsweise meinen Lehrentwurf eigenhändig zusammen-evaluert – mit dann doch interessanten Ergebnissen.

Fragt man nämlich die Studierenden, auf welche Weise sie gern belehrt werden wollen, wird man schnell feststellen, dass eine überwältigende Mehrheit Referate für Zeitverschwendung hält, auch gerne ohne Powerpoint auskommt und ihre Aufgabe nicht darin sieht, sich während des Seminars gruppendynamischen Experimenten überantworten zu müssen. Auch regelmässige schriftliche Ausarbeitungen – «Uffzgis» – erfreuen sich grosser Beliebtheit.

Beherrigt man diese Wünsche der Studierenden und geht ihnen mit entsprechendem Eigeneinsatz nach, dann kommt man am Ende fast wieder in der Schule an, in die man selber vor 30 Jahren einmal gegangen ist.

Sitzt man dann einmal mit gleichaltrigen Lehrern bei einem Glas Wein beisammen und wird gefragt, wie man es denn mit dem Anteil von Gruppenarbeiten halte, stösst man den einen oder anderen Bekannten schon so manches Mal mit Anlauf vor den Kopf.

«Ich unterrichte frontal.» Ein Satz mit verheerender Wirkung. Von einer Sekunde auf die nächste verwandle ich mich von einem ernsthaften Gesprächspartner in einen pädagogischen Neandertaler. «Ja, wie, frontal? Also du meinst, du bleibst vorne sitzen?» «Nein, ich meine frontal frontal. Die Stoffvermittlung geht von vorne ins Plenum.» «Die ganze Zeit?!» «Nun, natürlich darf gefragt und diskutiert werden, solange ich das für zielführend halte.» «Also ich schalte bei so etwas sofort nach zehn Minuten ab.» «Nicht, wenn ich dich jederzeit aufrufen kann.» «Du rufst die Leute auf?!» «Gelegentlich. Wenn sich keiner meldet und ich was wissen will.» «Das ist ja Steinzeit!»

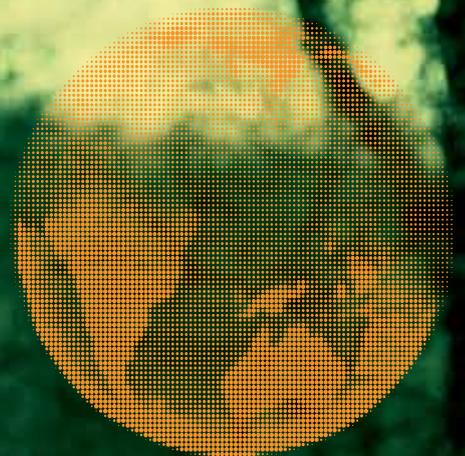
Ist es vielleicht, allerdings eine evaluierte Steinzeit. Und wenn man in dieser nur aufrichtig lebt, dann reicht es vielleicht am Ende doch, wenn beide Seiten den Text gelesen haben.

# Wir suchen Menschen, die Zukunft mitgestalten.

Die Erde, ein Planet voller Risiken. Aber als einer der weltweit führenden Rückversicherer sind wir mit Risiken bestens vertraut. Risiken in jeder Form, aus allen Lebensbereichen. Als Graduate bei Swiss Re wird es Ihr Job sein, sich mit den globalen Themen auseinanderzusetzen, die das Leben heute riskant, aber auch spannend machen. Ob Sie nun in Naturwissenschaft, Mathematik, Betriebswirtschaft, Medizin, Jura, Finanzen oder in einer ganz anderen Fachrichtung zuhause sind – wir suchen besondere Menschen, die 18 Monate an unserem graduates@swissre-Programm teilnehmen möchten. Aus Risiken formen wir Chancen für unsere Kunden. Und dies hier könnte Ihre sein!

Ergreifen Sie Ihre Chance auf [www.swissre.com/graduates](http://www.swissre.com/graduates)

Swiss Re



Ein Job, viele Perspektiven.

Dominique Bächler, Axpo Mitarbeiterin

A photograph of three people in an office environment. On the left, a woman with glasses and a grey cardigan stands with her hands on her hips, talking to a man sitting at a desk. The man is wearing a striped shirt and is looking towards the woman. On the right, another woman with red hair, wearing a green cardigan and a white skirt, stands holding a folder and looking towards the other two. The office is filled with computer monitors and desks.

Stimmt. Wir von Axpo bieten Ihnen zahlreiche Möglichkeiten für Ihre Karriere in einem vielseitigen Unternehmen. Auf Sie wartet ein dynamisches Umfeld mit herausfordernden Aufgaben in einem spannenden Markt. Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung.

Axpo Holding AG, Anne Forster, Spezialistin Hochschulmarketing,  
E-Mail [anne.forster@axpo.ch](mailto:anne.forster@axpo.ch), Telefon 056/200 44 47, [www.axpo.ch](http://www.axpo.ch)