

**Fokus** Simulationen

## Welten aus dem Schaltkreis

Seite 16

**Mit ETH-Technik zum Sieg** Seite 12

**Ein Bauingenieur auf Höhenflug in Singapur** Seite 42

**Wie die Schweiz zu ihrer Länderdomain kam** Seite 46



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

## Liebe Leserin, lieber Leser

Wissenschaftlicher Fortschritt basiert auf dem Verstehen von Zusammenhängen der realen Welt. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler formulieren Thesen, die diese Zusammenhänge konsistent beschreiben, meistens in der Sprache der Mathematik. Mittels Experimenten werden die theoretisch formulierten Thesen verifiziert. Oder sie werden falsifiziert. Im Wechselspiel zwischen Theorie und Experiment entstehen so akkurate Beschreibungen der Wirklichkeit.

Ein mathematisches Modell der Wirklichkeit können wir in einem Computeralgorithmus abbilden. Damit lassen sich «Experimente» im Computer simulieren. Solche Simulationen ermöglichen es uns, Szenarien mit verschiedenen Parametern durchzuspielen. Sie erlauben uns aber auch, in gefährlichen Bereichen der Wirklichkeit zu experimentieren und Erkenntnisse über instabile Zustände zu gewinnen.

In der Teilchenphysik simulieren wir den Effekt eines nicht perfekten Detektors auf das Messergebnis. Meteorologen machen Wettervorhersagen, indem sie den heutigen Zustand in die Zukunft abbilden, und Materialwissenschaftler gewinnen Einsichten zu Festkörpern mit neuen elektronischen Eigenschaften. Wir sind aber auch in der Lage, die Auswirkungen von Reaktorunfällen zu simulieren oder den Effekt von Treibhausgasen auf die langfristige Klima- veränderung zu modellieren. In neuerer Zeit wird zunehmend soziales Verhalten von Menschen in einer immer stärker vernetzten Welt, sei es an der Börse, sei es im Verkehr, simuliert. Wir erhoffen uns, aus solchen Simulationen die Risiken besser abschätzbar und die Netzwerke robuster machen zu können.



Die grosse Herausforderung bei den Computeralgorithmen ist die Handhabung verschiedener Längenskalen: die Beschreibung des Verhaltens eines Atoms, eines Moleküls oder einer Einzelperson auf der Mikroebene und die mathematische Formulierung der Makroebene, wie etwa die Durchschnittswerte der Eigenschaften von Festkörpern, das Klima- oder das gesellschaftliche System. Die rechnergestützte Wissenschaft, auf Englisch Computational Science and Engineering (CSE), hat an der ETH Zürich in den letzten zehn Jahren stark an Bedeutung gewonnen. Das Gebiet ist disziplinenübergreifend in Lehre und Forschung und hat eine Heimat in der Mathematik, Informatik, in allen Natur- und Ingenieurwissenschaften und in der Dynamik der Stadt- und Landschaftsplanung. Und neuerdings findet CSE in den Sozial- und Geisteswissenschaften vermehrt Anwendung.

Fortschritte gibt es einerseits durch grössere Rechen- und Speicherleistungen, andererseits dank der Entwicklung von immer leistungsfähigeren Rechenprogrammen. Die ETH Zürich investiert daher nicht nur in die Infrastruktur wie das nationale Rechenzentrum CSCS in Lugano, in ein Ecosystem von Computerclustern und in Cloud Computing. Mit neuen Professuren baut sie Lehre und Forschung auf dem Gebiet des CSE gezielt aus. Nicht zuletzt auch im Zurich Information Security and Privacy Center (ZISC), das sich mit Fragen der Sicherheit der Netzwerke respektive der Sicherung der Privatsphäre beschäftigt.

**Ralph Eichler**  
Präsident der ETH Zürich

## Inhalt

6

**Blitzlicht**

Roboter im Anflug

9

**Ticker**

News aus der ETH Zürich

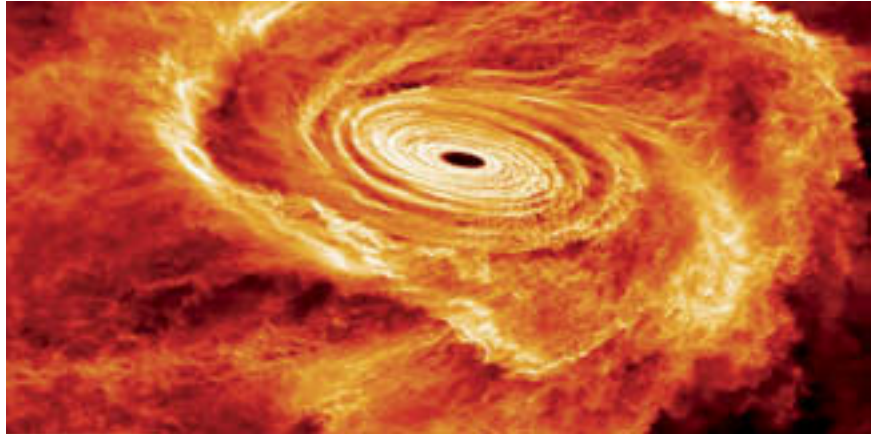
12

**Reportage**

Mit ETH-Technik zum Sieg



ETH-Wissenschaftler überwachen mit Minisensoren die Technik von Ruderern. Mit Hilfe der Messdaten gewinnen Spitzensportler die im Wettkampf entscheidenden Sekunden. So holte der Schweizer Leichtgewicht-Doppelvierer an den U23-Ruderweltmeisterschaften auf Anhieb Bronze.

**Fokus** Simulationen

16

**Welten aus dem Schaltkreis**

18

**Neue Erkenntnisse aus Bits und Bytes**

Die Entstehung eines Schwarzen Lochs, Wirbelschleppen eines Flugzeugs: Simulationen bringen völlig neue Einsichten – auch in unsichtbare Welten.

22

**Superrechner für die Wissenschaft**

Viola Vogel und Thomas Schult-hess erläutern, wie Supercomputer die Forschung beflügeln.

26

**Gewitter im Rechner**

Gewaltige Rechenleistungen, immer bessere Modelle: Wetterprognosen werden immer zuverlässiger.

30

**Wie Aale schwimmen und Platten abtauchen**

Supercomputing durchdringt immer mehr Forschungsgebiete.

32

**Virtuelles Gewebe**

Simulationen in der Medizin: neuartige Trainingsgeräte für Chirurgen.

# 34

## Zoom

Besser mit Integration



Eine nachhaltige Entwicklung von Flughafenregionen: Dies ist das Ziel eines internationalen Forschungsprojekts mit ETH-Architekten.

# 36

## Inside

Rückblick der zurücktretenden Rektorin: «Lehren ist so wichtig wie forschen.»

SEC: Forschungszentrum in Singapur eingeweiht

# 40

## Connected

150 Jahre VSETH

Richard-R.-Ernst-Vorlesung

Alumni Business Events

Verleihung des Spark Award

# 42

## Profil

ETH-Alumnus Max Meyer



Alles eine Schuhnummer grösser: In Singapur entwickelt Bauingenieur Max Meyer Lösungen für Grossprojekte in der ganzen Welt.

# 46

## Anno

Eine Länderdomain für die Schweiz: Vor 25 Jahren wurde «.ch» auf Antrag eines ETH-Forschers offiziell registriert.

# 48

## Alumni life

US Chapters:  
Mit Begeisterung für die  
ETH Zürich

Online-Jobbörse:  
Stellen mit ETH-Profil

Agenda



## Impressum

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

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

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

**Mitarbeit:**  
Andrea Lingk (Bilder), Samuel Schläefli,  
Simone Ulmer, Alice Werner

**Inserate:**  
Verwaltung: ETH Alumni Communi-  
cations, globe@alumni.ethz.ch,  
+41 44 632 51 24  
Management:  
print-ad kretz gmbh, 8706 Feldmeilen,  
info@kretzgmbh.ch, +41 44 924 20 70

**Gestaltung:**  
TBS Identity, Zürich

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

**Auflage:**  
25 200, erscheint viermal jährlich.

**Abonnement:**  
«Globe» ist im Abonnement für CHF 40.–  
im Jahr (4 Ausgaben) erhältlich; die  
Vollmitgliedschaft bei der ETH Alumni  
Vereinigung beinhaltet ein Globe-  
Jahresabonnement.  
Bestellungen und Adressänderungen  
an globe@hk.ethz.ch bzw. für ETH-  
Alumni direkt unter  
www.alumni.ethz.ch/myalumni.

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



**Bildernachweis:**  
**Titelseite:** Alexander Hobbs/ETH;  
**Editorial:** Giulia Marthaler; **Inhalts-  
verzeichnis S. 4:** I. u. Camille Co-  
doni/SRV, r. o. Alexander Hobbs/ETH;  
**S. 5:** I. o. Professur Christiaanse/ETH,  
r. o. Wai Kay Photography; **Blitzlicht:**  
François Pomerleau/ETH; **Ticker S. 9:**  
I. u. Keystone, r. o. Kay Henning Brodersen/  
ETH; **S. 10:** I. o. Claudiu Falub/ETH,  
r. u. Peter Rüegg/ETH; **Reportage S. 12:**  
Bernd Tessendorf/ETH; **S. 14:** I. o. Bernd  
Tessendorf/ETH, r. o. Camille Codoni/  
SRV; **S. 15:** Franz Gravenhorst/ETH;  
**Fokus S. 16/17:** Alexander Hobbs/ETH;  
**S. 19:** ETH Zürich; **S. 20:** ETH Zürich;  
**S. 23:** Monika Estermann; **S. 26/27:**  
Wolfgang Langhans/ETH; **S. 28:** Meteo-  
Schweiz; **S. 31:** Gruppe Tackley/ETH;  
**S. 32:** Virtamed; **Zoom S. 34:** Flughafen  
Zürich AG; **S. 35:** I. und m. Professur  
Christiaanse/ETH, r. Flughafen Zürich AG;  
**Inside S. 36:** Oliver Bartenschlager;  
**S. 38:** Keng Photography; **Connected  
S. 40:** o. Beat Schönwiltz und Lukas  
Denzler/VSETH; I. u. Heidi Hostettler;  
**S. 41:** r. o. Stefan Walter/ETH, I. u. Tom  
Kawara; **Profil:** Wai Kay Photography;  
**Anno S. 46:** Bernhard Plattner/ETH;  
**S. 47:** SWITCH; **Alumni life S. 48:**  
iStockphoto; **S. 50:** ETH Bibliothek,  
Bildarchiv

# Blitzlicht





## Roboter im Anflug

Er ist nur 50 Zentimeter gross und fliegt autonom, ohne GPS und Fernsteuerung. Firefly, der Flugroboter, den ETH-Ingenieure im Rahmen eines EU-Projekts gemeinsam mit weiteren Partnern entwickelt haben, orientiert sich mit Hilfe von Kameras und einem Mini-Computer an Bord, ohne für die Navigation auf eine Verbindung zur Bodenstation angewiesen zu sein. So kann er sogar in geschlossenen Räumen oder in sehr dicht bebautem Gebiet manövrieren – kurz: überall dort, wo Navigation über GPS nicht möglich ist.

Mit nur 1500 Gramm inklusive Bordcomputer und drei Kameras ist Firefly ein energiesparendes Leichtgewicht. Hoch-effiziente Rechenalgorithmen, die weniger Rechenleistung benötigen, sorgen ebenfalls dafür, den Energiehunger des Flugroboters zu senken. Eingesetzt werden könnte der neue Mikroroboter zum Beispiel bei Rettungseinsätzen, wenn es darum geht, ein Katastrophengebiet oder zerstörte Gebäude zu erkunden und mögliche Opfer zu orten.

Das europäische Projekt sFly, in dessen Rahmen der Flugroboter entwickelt wurde, umfasst Partner aus Deutschland, Griechenland, Frankreich und der Schweiz.

[www.sfly.org](http://www.sfly.org) →



## Mit uns in die Zukunft.

Wenn Ihnen Ihre berufliche Entwicklung wichtig ist, sind Sie bei uns richtig. Wir sind, wo Sie hinwollen. In der Schweiz, Europa, Amerika, Asien und Australien. Sie haben einen Abschluss in Elektrotechnik, Maschinenbau oder Werkstofftechnik. Wir bieten Ihnen den idealen Einstieg in R&D, Product und Market Management oder im Application Engineering.



Patricia Stolz, Personalleiterin  
Telefon +41 71 353 44 26, [patricia.stolz@hubersuhner.com](mailto:patricia.stolz@hubersuhner.com)

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

### HUBER+SUHNER AG

Tumbelenstrasse 20,  
8330 Pfäffikon, Schweiz  
Degersheimerstrasse 14,  
9100 Herisau, Schweiz

[hubersuhner.com](http://hubersuhner.com)



DER NEUE SUBARU **XV** 4x4 IST DA.  
SCHON AB FR. 25'900.– (EINFÜHRUNGSPREIS).

- >> Symmetrical AWD.
- >> Auch als Automat mit Lineartronic™ CVT.
- >> Auch mit SUBARU BOXER DIESEL.
- >> 5 Sterne beim EURO-NCAP 2012.

Als 1,6-Liter-Benziner (114 PS) mit 2x5 Gängen (man.) oder CVT-Automatik,  
2,0-Liter-Benziner (150 PS) mit 6 Gängen (man.) oder CVT-Automatik und  
2,0-Liter-Diesel (147 PS) mit 6 Gängen (man.).



**Emil Frey AG, Autohaus Zürich-Altstetten**  
Badenerstrasse 600, 8048 Zürich, 044 495 23 11, [www.lhrAutohaus.ch](http://www.lhrAutohaus.ch)

 **SUBARU**  
Confidence in Motion



Forschungszusammenarbeit

## Engagement zum Firmenjubiläum

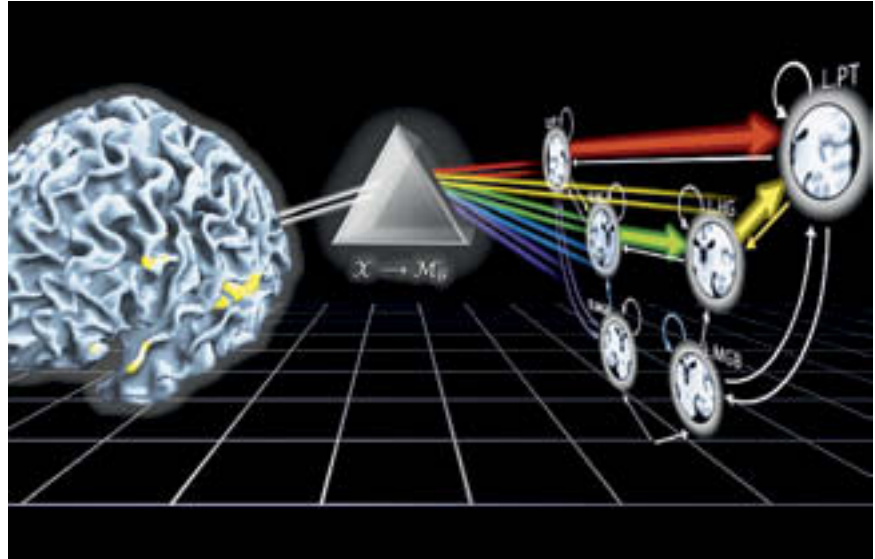
Die Kaba Gruppe geht anlässlich ihres 150-Jahr-Jubiläums eine vierjährige Zusammenarbeit mit dem Zurich Information Security and Privacy Center (ZISC) der ETH Zürich ein. Die Sicherheitsfirma will mit diesem Engagement nicht nur ihre Verbundenheit mit dem Forschungs- und Bildungsstandort Schweiz unterstreichen, sondern sieht in der Kooperation auch ein grosses Potenzial, ihre unternehmerischen Visionen und Ziele im Bereich Innovationsführerschaft zu verwirklichen.



Orden

## Rendezvous mit der Queen

Die britische ETH-Professorin Sarah Springman erhielt von Queen Elizabeth II. die Auszeichnung als Commander of the Most Excellent Order of the British Empire. Sie erhielt den Orden für ihre Verdienste als Triathletin. Die Professorin für Geotechnik gewann zahlreiche Meisterschaften und setzte sich massgeblich dafür ein, dass Paratriathlon Teil der paraolympischen Spiele wurde.



Symbolische Darstellung: Aus den Aktivierungsmustern im Hirnmodell (l.) leitet das mathematische Modell (m.) probandenspezifische Muster (r.) ab.

Neuromodellierung

## Gehirnnetzwerk verrät Krankheit

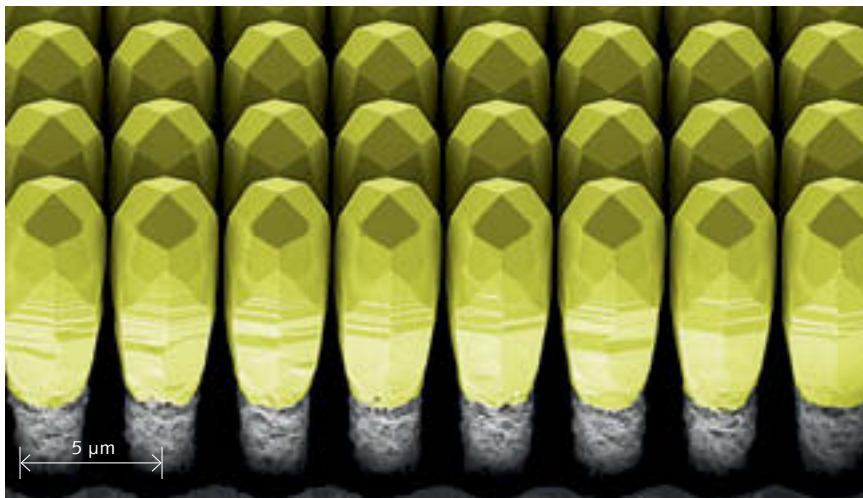
Mit einer neuen Nachweismethode erkennen Forschende der ETH und der Universität Zürich zielsicher, ob im Gehirn krankhafte physiologische Veränderungen vorhanden sind. Die Methode wird ausgebaut, um genauere Diagnosemöglichkeiten für so genannte Spektrumserkrankungen, beispielsweise für verschiedene Formen von Schizophrenie, zu erlangen. Letztere können heute aufgrund der äusseren Symptome allein noch nicht gut unterschieden werden, müssen jedoch mit unterschiedlichen Medikamenten behandelt werden.

In einem ersten Schritt analysierten die Wissenschaftler gesunde Menschen und Schlaganfallpatienten mit leichten Sprachstörungen. Bei beiden Gruppen wurden die Hirnaktivitäten mit fMRI (functional magnetic resonance imaging) untersucht, während ihnen ein Text vorgelesen wurde, um die sprachverarbeitenden Zentren des

Gehirns anzuregen. fMRI ist ein bildgebendes Verfahren, mit dem die aktivierten Hirnareale sichtbar werden. Die Daten des fMRI wurden dann mit einem mathematischen Modell ausgewertet.

Das Modell leitet aus den probandenspezifischen Mustern die Kopplungsstärke zwischen den aktivierten Hirnregionen ab. Die Versuche zeigten, dass dieses Verfahren mit sehr hoher Präzision zwischen dem Gehirn eines Gesunden und dem eines Schlaganfallpatienten unterscheiden kann, und zwar allein auf Basis von Messungen in Hirnarealen, die vom Schlaganfall nicht direkt betroffen waren.

Derzeit bereiten die Forscher Folgestudien vor, in denen sie das Verfahren auf komplexe Erkrankungen wie Schizophrenie anwenden wollen. Diese Forschung wird an der neu gegründeten Translational Neuromodeling Unit (TNU) unter Klaas Enno Stephan durchgeführt. Seine Professur wird über die ETH Zürich Foundation durch die René- und Susanne-Braginsky-Stiftung unterstützt.



Neuartige Halbleiterstruktur in einer elektronenmikroskopischen Aufnahme.

### Physik

## Durchbruch in der Halbleitertechnik

Bisher waren teure, zeitraubende und meist unzuverlässige Verbindungstechniken nötig, um Silizium mit anderen Bauelementen zu kombinieren. Dicke, monolithisch aufgebaute Schichten aus Germanium konnten auf Silizium nicht ohne Defekte erzeugt werden. ETH-Physiker entwickelten nun in Zusammenarbeit mit Kollegen anderer Universitäten ein Verfahren, um defektfreie Silizium-Germanium-Schichten herzu-

stellen, die beinahe beliebig dick sein können: Statt einer kontinuierlichen Germaniumschicht schufen sie einen miniaturisierten Noppenteppich, dessen Noppen aus Silizium mit aufgepfropftem monolithisch aufgebautem Germanium bestehen. Dazu ätzen die Wissenschaftler in kostengünstige Siliziumträger winzige Säulen, auf denen sie Germaniumkristalle wachsen liessen. Das Verfahren ermöglicht beispielsweise den Bau von höchstauflösenden Röntgendetektoren und könnte dazu führen, dass künftig Röntgenapparate mit wesentlich geringerer Strahlendosis als heute auskommen.

### Biokerosin

## Fliegen mit Sonne im Tank

Der ETH-Spin-off Sunbiotec wandelt Landwirtschaftsabfälle mit Sonnenenergie in flüssige Treibstoffe um. Das ist vor allem für Agrarunternehmen in sonnenreichen Ländern interessant, etwa in Brasilien. Dort könnten schon bald Flugzeuge mit Biokerosin von Sunbiotec fliegen. Denn bereits zehn

Prozent der Zuckerrohrabfälle, die im Nordosten des Landes anfallen, würden laut Berechnungen der Forscher für die Versorgung der gesamten brasilianischen Luftfahrt ausreichen. Bis 2015 streben die Wissenschaftler des aus dem Labor von Professor Aldo Steinfeld vom Institut für Energietechnik der ETH Zürich hervorgegangenen Unternehmens die Installation einer vorkommerziellen Anlage an. Die ersten kommerziellen Reaktoren sollen 2020 in Betrieb sein.

### Lehre

## Ausgezeichnete Unterrichtsideen

Beim erstmals an der ETH Zürich durchgeführten Ideenwettbewerb «Innovate Teaching» reichten ETH-Studierende mehr als 60 Vorschläge ein, wie der Unterricht noch attraktiver, effizienter und zeitgemässer gestaltet werden könnte. ETH-Rektorin Heidi Wunderli-Allenspach hat vier dieser Ideen ausgezeichnet: Die prämierten Projekte der Studierenden schlagen Exkursionen zu exzellenten Universitäten, wissenschaftsphilosophische Grundvorlesungen in den Naturwissenschaften und Videos zur Vermittlung schwieriger Lehrinhalte vor. Die Ideen werden nun ausgearbeitet und umgesetzt.



### Grant

## Starthilfe von Bill Gates

ETH-Postdoc Bogdan Mateescu hat einen sechsstelligen Grant aus der Bill & Melinda Gates Foundation erhalten. Er untersucht, weshalb es in der Muttermilch miRNA gibt. Diese Moleküle gelten als Regulatoren des Zellstoffwechsels und der Zelldifferenzierung. Mateescu vermutet, dass sie für die Physiologie des Magendarmtrakts bei Neugeborenen wichtig sind. Damit versetztes Milchpulver könnte vielleicht Säuglinge vor Krankheiten schützen.

Mit dem richtigen Finanzplan  
kann sich Ihr Vermögen in  
jedem Lebensabschnitt  
weiterentwickeln.



Besuchen Sie uns auf [www.zkb.ch/finanzberatung](http://www.zkb.ch/finanzberatung)

Weil Ruhestand für Sie nichts mit Ruhe zu tun haben wird, sollten auch Ihre Finanzen nie still stehen. Was immer Sie anpacken – wir stehen an Ihrer Seite, damit Ihr Vermögen mit Ihren Plänen Schritt hält. Fragen Sie nach unserer ganzheitlichen Finanzberatung.

Die nahe Bank



Zürcher  
Kantonalbank

## Reportage

Ruderprojekt

# Mit ETH-Technik zum Sieg



Wie konstant und stabil ein Ruderer unterwegs ist, messen ETH-Forscher mit eigens entwickelten Minisensoren, die an Ruder und Boot geklebt werden. Mittlerweile sind die Messeinheiten kabellos.



*Christine Heidemann*

**Wie sieht es in einem Spitzenskispringer wie Simon Ammann während des Sprungs zur Olympiagoldmedaille aus? Wie lassen sich Verletzungen bei Hobbyläufern vermeiden? Oder welche Sitzordnung im Boot bringt beim Rudern den entscheidenden Sekundenvorsprung auf der Ziellinie? ETH-Wissenschaftler überwachen Sportler mit eigens entwickelten Minisensoren beim Training und im Wettkampf.**

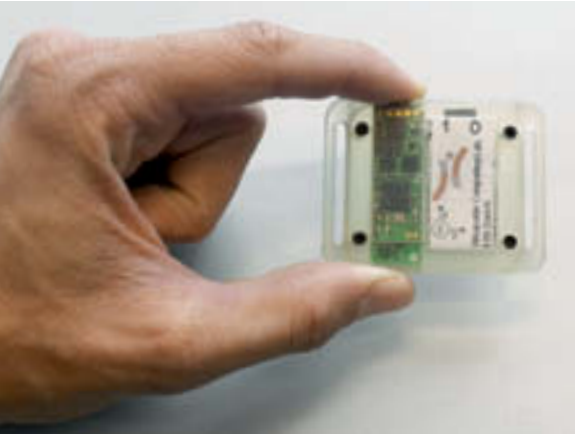
Das erste WM-Finale und dann gleich Bronze. Als der Schweizer Leichtgewicht-Doppelvierer bei den U23-Ruderweltmeisterschaften in Amsterdam letzten Sommer knapp hinter dem der Dänen und Deutschen als Dritter über die Ziellinie schießt, freuen sich nicht nur Athleten und Trainer.

Auch ein ETH-Forscherteam unter der Leitung von Gerhard Tröster, Professor am Wearable Computing Lab, jubelt. Zwar wussten die Elektroingenieure Bert Arnrich, Franz Gravenhorst und Bernd Tessorf schon vor dem Rennen, dass der Vierer optimal im Wasser liegt. Schliesslich hatten sie ihn im Training genauestens vermessen, so dass Coach Camille Codoni mit Hilfe der ETH-Daten der Mannschaft den letzten Feinschliff geben konnte. «Doch dass der Vierer einen historischen Erfolg für die Schweiz erzielt, hat uns besonders gefreut», sagt Franz Gravenhorst.

Mit wissenschaftlichem Know-how das Beste aus Athlet und Equipment herausholen gehört heute zum Spitzensportalltag. Unmengen an Daten werden erfasst, um im Kampf um Medaillen, Pokale und Prämien das Potenzial von Mensch und Material voll auszuschöpfen. Doch das Problem dabei ist: Die Messtechnik darf den Sportler nicht behindern. Vor allem Elitesportler sind sehr sensibel. Insbesondere, wenn sie sich mitten in der Vorbereitung auf einen wichtigen Wettkampf befinden – oder gar mittendrin stecken.

So wie Simon Ammann vor zwei Jahren bei den Olympischen Winterspielen in Vancouver: Dort waren ETH-Wissenschaftler vom Wearable Computing Lab buchstäblich hautnah mit dabei, als der Schweizer zu seinen beiden Goldmedaillen flog. Denn ein an seinem Körper befestigter, nur zehn Gramm leichter Minisensor lieferte den Forschern wertvolle Informationen über den mentalen Zustand Ammanns während seiner Sprünge. Konkret zeichneten die Wissenschaftler dessen Herzaktivität und Bewegungsmuster auf – womit es ihnen erstmals in der Geschichte des Spitzensports gelang, zwei Olympiasiege physiologisch zu erfassen. «Wir brauchen viel Verständnis und Glück, um an solche Spitzenleute heranzukommen», sagt Bert Arnrich.

## Reportage



ETHOS, ETH-Orientierungs-Sensor, heisst das etwa streichholzsachtelgrosse Modul, mit dem die Wissenschaftler unter anderem den Schweizer U23-Leichtgewicht-Doppelvierer vermessen haben. Er gewann bei der WM 2011 Bronze. Die Versuche fanden beim Training auf dem Sarnersee statt. Das Bild zeigt die genaue Platzierung der Sensoren an einem Ruder (b) und im Boot selbst (c). Zusätzlich wurde zur Kontrolle eine High-Speed-Videokamera installiert (a).

Die Wissenschaftler interessierten sich in ihrem Ruderprojekt vor allem für die Bewegung der Skulls, also der Ruder, und die des Bootes. Wie synchron und effizient rudern die Sportler? Wie stabil liegt das Boot im Wasser? Fragen, die sich auch Trainer und Mannschaft des Schweizer U23-Leichtgewicht-Doppelvierers vor der Weltmeisterschaft stellten, zumal sie zwei Boote zur Auswahl hatten.

### Klein und drahtlos

Viele grosse Rudernationen setzen heute speziell entwickelte Messsysteme ein, um ihren Nationalmannschaften den letzten Schliff zu geben. Doch diese Systeme sind meist relativ gross und schwer; es müssen Schnüre gespannt und Stembretter verstellt werden – ein Aufwand, den nicht jeder Sportler akzeptiert. «Unsere Sensoren dagegen werden einfach ans Boot und an die einzelnen Skulls oder Riemen geklebt und können in wenigen Minuten installiert werden», erklärt Bernd Tessendorf. Und die neueste Generation der so genannten ETH-Orientierungs-Sensoren, kurz ETHOS, arbeitet sogar drahtlos.

Das ETHOS-Modul ist nur etwa so gross wie eine Streichholzsachtel und misst neben allen Winkeln von Ruder und Ruderboot gleichzeitig deren Beschleunigungen und Drehraten in allen Raumrichtungen – und zwar lückenlos. Das sei eine grosse Hilfe für den Trainer, versichert Franz Gravenhorst. Zwar fährt der Trainer normalerweise immer im Beiboot nebenher und beobachtet seine Athleten genauestens. Doch kann er natürlich nicht alle Ruderer jederzeit im Blick haben. Und manche Dinge sind für das menschliche Auge eben nur ungenau oder gar nicht erkennbar. Vor

allem hier soll ETHOS den Trainer unterstützen. Immerhin lassen sich mit dem Modul insgesamt 1152 Daten pro Sekunde erfassen – nämlich 128 pro Achse, wobei die Forscher drei Beschleunigungsachsen, drei Drehratenachsen und drei Magnetfeldachsen erfassen.

So ergab zum Beispiel die Messung des Bronze-Doppelvierers vor der Weltmeisterschaft, dass sich das Boot um bis zu vier Grad in Fahrtrichtung auf- und abbewegt. Das war weit mehr, als Trainer Camille Codoni erwartet hatte. Zudem konnte er anhand der ETH-Daten vergleichen, wie synchron und wie lang die einzelnen Skullbewegungen in horizontaler Richtung sind. Das Ergebnis bestätigte die für die WM geplante Sitzordnung: Der den Rhythmus angegebende Schlagzweier harmonisierte perfekt. Lediglich das Stembrett des Ruderers auf Position 2 musste leicht verstellt werden. Diese minimale, aber womöglich entscheidende Disbalance wäre mit blossem Auge und mit Vergleichen in der Ruheposition nicht zu erkennen gewesen, resümiert Camille Codoni. Und schliesslich bestätigten weitere Messungen im Renntempo auch die Entscheidung für das WM-Boot: Es war auf der Rennfrequenz deutlich stabiler und bewegte sich gleichmässiger als das Alternativboot.

Wertvolle Hilfe beim Feintuning und bei der Bootsauswahl – das war mehr, als die Verantwortlichen beim Schweizer Ruderverband erwartet hatten. Der Verband will daher auch künftig mit der ETH zusammenarbeiten und weitere Mannschaften vermessen.

Wie genau und hochauflösend ihr System arbeitet, konnten die ETH-Wissenschaftler zudem bei Versuchen am

deutschen Ruderstützpunkt in Mainz demonstrieren. Auch hier haben die Forscher ihre Module unter anderem an Spitzenathleten getestet. Dabei half ihnen nicht zuletzt, dass zwei von ihnen selbst erfolgreich rudern. So war etwa Franz Gravenhorst in der deutschen Nationalmannschaft aktiv und hat im letzten Jahr bei den Studenten-Europameisterschaften im Leichtgewicht-Doppelzweier die Silbermedaille gewonnen.

«Wir haben in Mainz eine Olympia-Silbermedaillengewinnerin mit einem U23-Weltmeister verglichen, indem wir deren Schlaglänge und -zahl im Training und im Rennen gemessen haben», erklärt Gravenhorst. Es zeigte sich: Obwohl beide Sportler auf Topniveau rudern, schaffte es die Olympiazweite, konstanter zu bleiben. «Sie ruderte immer auf demselben Niveau, wie eine Maschine.» Zwar hatte der Trainer dies schon beobachtet, doch nun hatte er dank ETHOS den wissenschaftlichen Beweis.

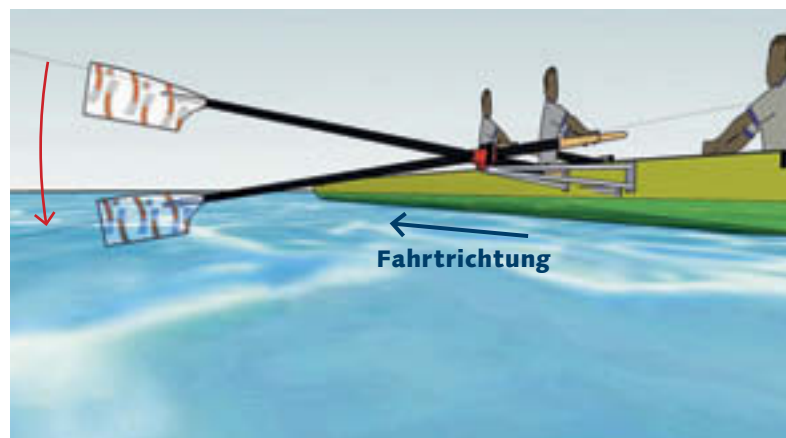
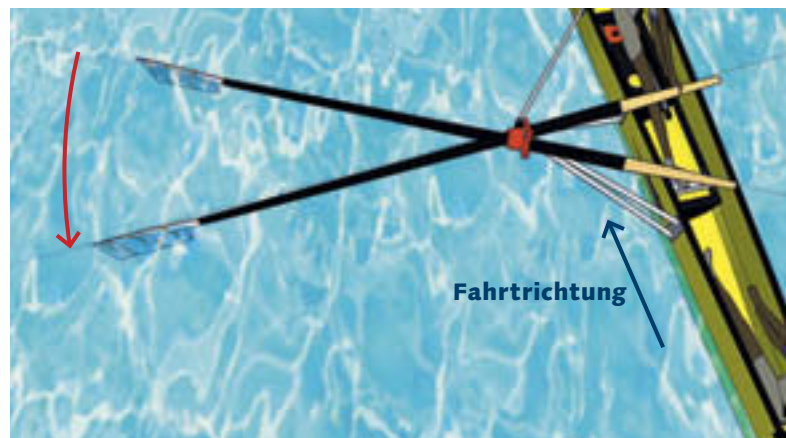
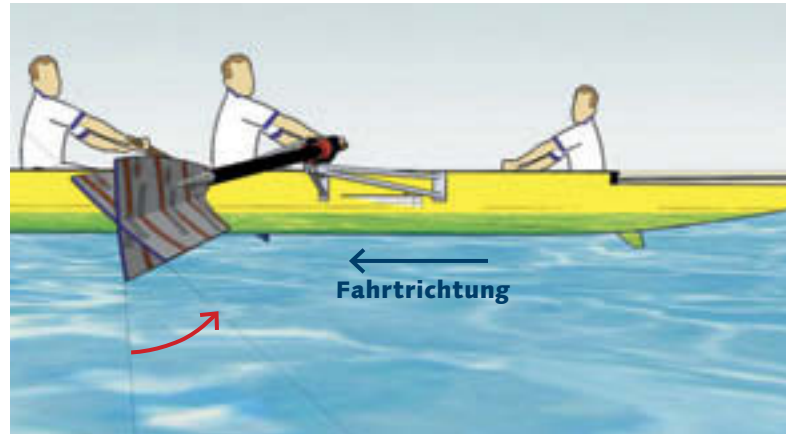
Noch analysieren die ETH-Forscher ihre Daten offline. Aber das soll sich bald ändern: Mit ihren drahtlosen Sensoren wollen sie die Messergebnisse direkt nach einem Rennen oder – noch besser – in Echtzeit auswerten. So bekommen Trainer und Athleten unmittelbar ein Feedback und können sofort darauf reagieren.

### Virtueller Trainer für Anfänger

Das eröffnet weitere Möglichkeiten. Bert Arnrich, Franz Gravenhorst und Bernd Tessendorf wollen ihre Technik nicht nur Eliteathleten zugänglich machen, sondern damit auch Anfänger und Hobbyathleten unterstützen. Voraussichtlich schon im August ist daher ein Projekt mit Ruderanfängern geplant. Dann soll das System als virtueller Trainer zum Einsatz kommen – indem zum Beispiel eine Lampe im Boot aufleuchtet, sobald der Athlet etwa das Ruderblatt zu spät aufdreht oder zu kurze Schläge macht – typische Anfängerfehler, wie die ETH-Ruderexperten erklären.

Doch nicht nur Ruderneulinge können von den universell einsetzbaren Sensoren aus dem Wearable Computing Lab profitieren: Auch Snowboarder oder Läufer sollen mit Hilfe der ETH-Sensoren eine saubere Technik lernen, indem sie sofort gewarnt werden, sobald sie eine falsche Bewegung machen: Angeschlossen an ein Smartphone oder einen Musikplayer könnten die Sensoren beispielsweise vibrieren, sobald etwa die Laufhaltung nicht korrekt ist. Dadurch liessen sich viele Verletzungen vermeiden. Schliesslich, so die Elektroingenieure, könne sich nicht jeder einen persönlichen Trainer leisten, um an der perfekten Technik zu feilen. ■

[www.wearable.ethz.ch/research/groups/sports](http://www.wearable.ethz.ch/research/groups/sports) →



Mit den am Ruder angebrachten Sensoren können die Forscher drei verschiedene Orientierungswinkel im Raum bestimmen: Die Drehung des Ruders (oben), den horizontalen (Mitte) und den vertikalen Ruderwinkel (unten). So lässt sich etwa anhand des horizontalen Winkels die Phase vom Eintauchen des Ruders bis zum Zugende berechnen, woraus sich wiederum Rückschlüsse auf Schlaglänge und -frequenz, das Verhältnis zwischen Erholungs- und Zugphase sowie die Veränderung dieser Parameter im Verlauf einer Fahrt ziehen lassen.

# Welten aus dem Schaltkreis

Ob Universum oder Nanopartikel: Simulationen ermöglichen neue Erkenntnisse und beflügeln die Kreativität von Ingenieuren. Simulationen machen sichtbar, was selbst hochauflösenden Mikroskopen und Teleskopen verborgen bleibt. Sie helfen, neue, bis dahin völlig unbekannte Materialien zu kreieren und erlauben immer präzisere Wettervorhersagen. Selbst Chirurgen trainieren mittlerweile virtuell – per Operationssimulator.

**Neue Erkenntnisse aus Bits und Bytes** Seite 18

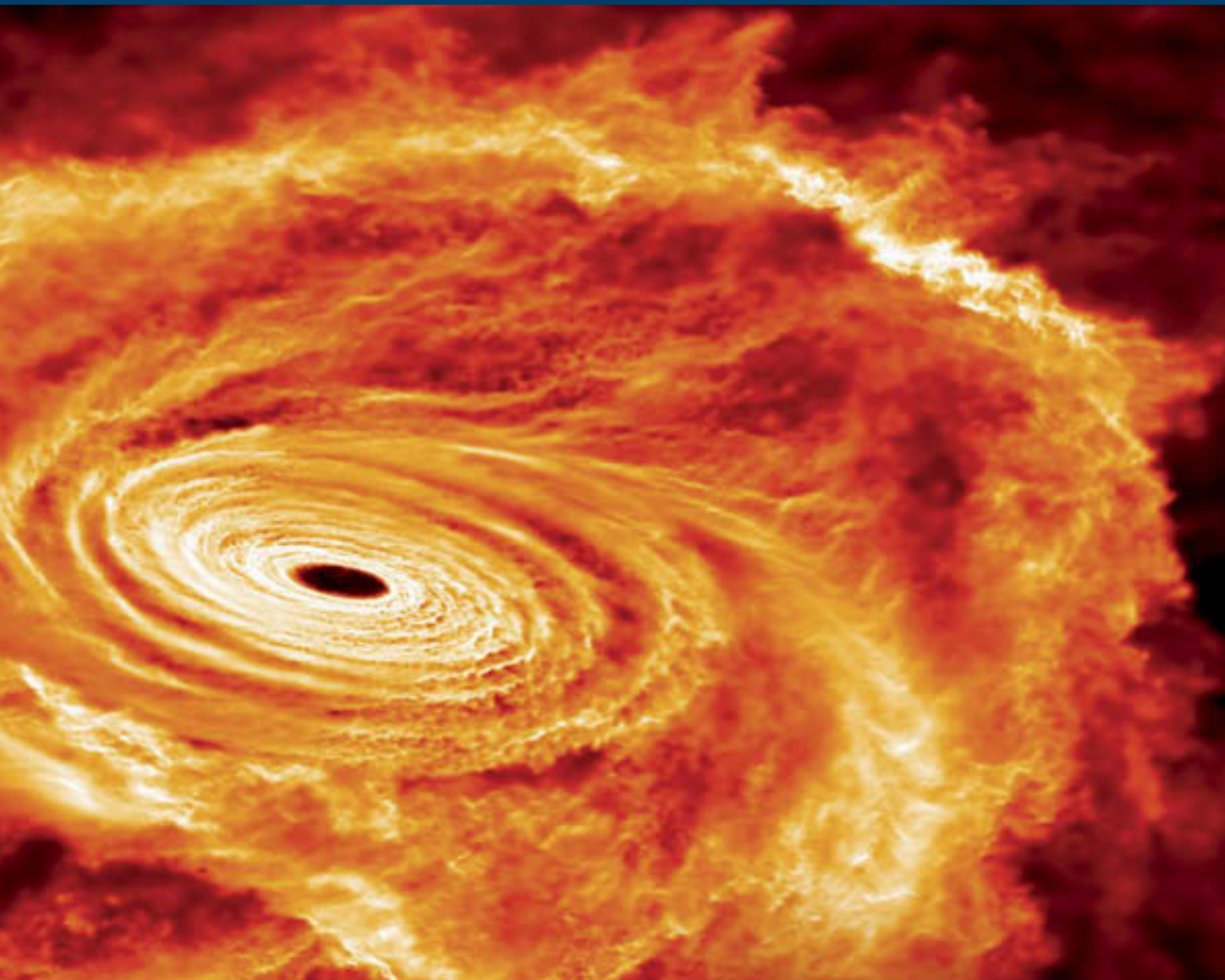
**Superrechner für die Wissenschaft** Seite 22

**Gewitter im Rechner** Seite 26

**Wie Aale schwimmen und Platten abtauchen** Seite 30

**Virtuelles Gewebe** Seite 32





So könnte die Entstehung eines Schwarzen Lochs aussehen. Gase wirbeln um ein supermassives Schwarzes Loch, das mehr als 100 Millionen Mal so viel wie die Sonne wiegt. Starke Supernova-Explosionen treiben die Gase zum Schwarzen Loch im Zentrum der Galaxie und könnten damit für dessen Wachstum verantwortlich sein. Dies ist ein Prozess, der fest mit der Entstehung der Galaxie als Ganzes verbunden ist, da das Schwarze Loch wichtige Eigenschaften der umgebenden Galaxie bestimmt.

Solche Prozesse sind extrem komplex und können nur mittels Computersimulationen untersucht werden. Nur die leistungsfähigsten Supercomputer können die grosse Bandbreite an Skalen und die Menge der physikalischen Gesetze, die darin einfließen, verarbeiten. In diesem Bild und im Titelbild, das ein früheres Stadium des Schwarzen Lochs zeigt, stecken über 5000 Prozessorstunden Rechenleistung.

Der zugrunde liegende Algorithmus wurde von der Gruppe um Astronomieprofessor Justin Read weiterentwickelt. Sie befasst sich mit Dunkler Materie und untersucht mit ihren Modellen fundamentale Fragen rund um die Entstehung unserer Galaxie.

# Neue Erkenntnisse aus Bits und Bytes

In ihren zehntausenden miteinander vernetzten Prozessoren werden ferne Galaxien geboren, falten sich Proteine zu wirren Knäueln oder sausen Nanopartikel durch die menschliche Blutbahn. Supercomputer und die von ihnen gesteuerten virtuellen Inszenierungen haben sich rasant zum «dritten Standbein» der Wissenschaft entwickelt – und helfen Forschern an Grenzen vorzustossen, die noch vor wenigen Jahren unerreichbar schienen.

*Christine Heidemann*

Nein, dies sei kein Film, betont Petros Koumoutsakos. «Wir fliegen gerade durch die Wirbelschleppen eines Flugzeugs.» Diese auch als Kondensstreifen bekannten Bänder aus aneinandergereihten Luftwirbeln, die Flugzeuge bei Start und Landung hinter sich herziehen, erscheinen auf dem Computer wie ein psychedelisches Kunstwerk: je nach Intensität der Verwirbelung als blaue, gelbe oder rote Schleifen, ineinander verschlungen und zu Ringen geformt. Mit der Zeit werden die Ringe immer instabiler, bis sie sich schliesslich auflösen. Und der Betrachter fliegt die ganze Zeit scheinbar durch sie hindurch. Wird Zeuge des zunehmenden Chaos aus Milliarden von Luftmolekülen, die ein Flugzeug sogar zum Absturz bringen können.

Um herauszufinden, wie Wirbelschleppen entstehen und vor allem wie sie sich minimieren und schneller zerstören lassen, hat sie der ETH-Professor für Computational Science gemeinsam mit seinem Team und Wissenschaftlern des IBM Forschungslabors Zürich in Rüschlikon simuliert. Auf einem Supercomputer mit Hilfe eines speziellen Algorithmus – quasi einer Anleitung für die Berechnung – und modernster Visualisierungssoftware. Ein 3-D-Erlebnis im Dienste der Wissenschaft. Denn weniger oder kürzer andauernde Turbulenzen im Schlepptau einer Maschine bedeuten, dass Starts und Landungen schneller und sicherer hintereinander erfolgen können, mit minimaler Umweltbelastung.

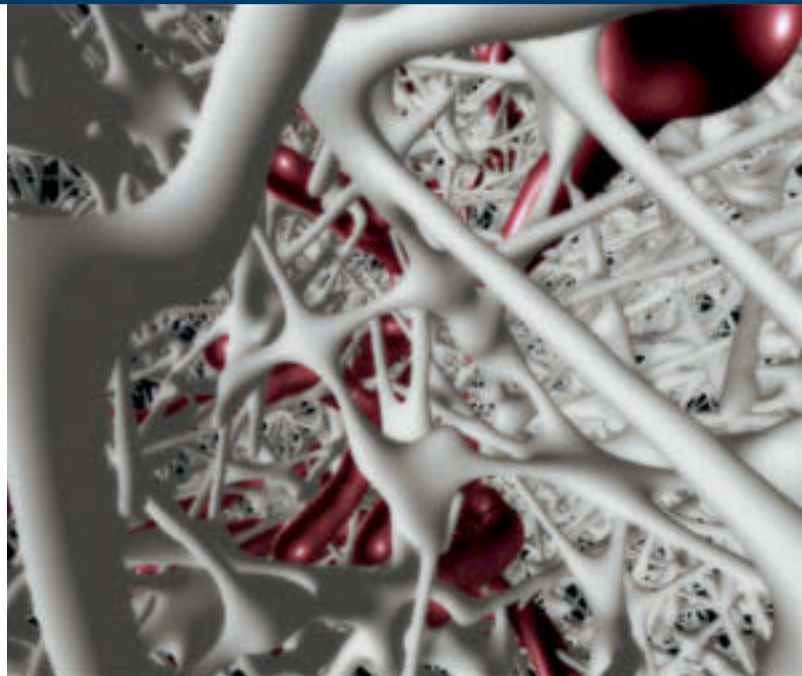
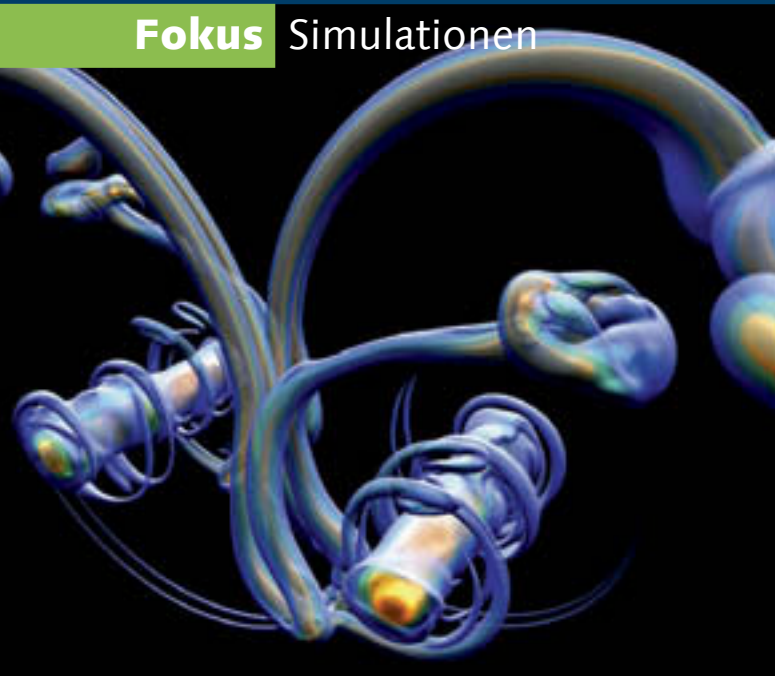
2008 schafften die Zürcher Forscher mit zehn Milliarden simulierten Partikeln, in dem Fall Luftwirbeln, in 16 000 Prozessoren einen Weltrekord. Das war noch in den «alten Tagen», sagt Petros Koumoutsakos und gibt einen Einblick in die Zeitrechnung der Simulationsexperten. Denn heute, nur vier Jahre später, können die Forscher bereits rund 300 Milliarden Partikel in 40 000 Prozessoren mit ihrem Algorithmus berechnen – wiederum ein Weltrekord. Die rasant steigende Rechenpower und die immer schneller kalkulierenden Algorithmen machen es möglich: In den letzten 50 Jahren sind Prozessoren 1000-mal und Algorithmen 100 000-mal schneller geworden. Und ein Ende des Geschwindigkeitsrauschs ist nicht in Sicht.

Zumal die Nachfrage nach immer mehr Rechenleistung stetig steigt. Komplexe naturwissenschaftliche und gesellschaftliche Probleme erfordern gigantische Leistungen von den modernen Supermaschinen, deren mitunter über 60 000 Prozessoren in dutzenden telefonzellengrossen Schränken stecken und pro Sekunde hunderte Billionen Rechenoperationen durchführen. Tendenz steigend. Zum Vergleich: Um die heutige Rechenleistung etwa eines modernen IBM-Hochleistungscomputers zu erreichen, müssten alle Menschen auf der Erde zeitgleich in nur einer Sekunde jeweils über 100 000-mal zwei 16-stellige Zahlen miteinander addieren oder multiplizieren.



Turbulente Wirbel wie dieser kommen fast überall im Leben vor – in Gasen und Flüssigkeiten. Sie sind beispielsweise dafür verantwortlich, dass sich unsere Herzklappen öffnen und schliessen, Vögel fliegen können oder Verbrennungsmotoren laufen. Daher sind sie als Simulationsobjekte in der Wissenschaft nach wie vor hochaktuell.

## Fokus Simulationen



Durch die Simulation verschmelzen die Wissenschaften heute zunehmend miteinander. So haben zum Beispiel Wirbelschleppen von Flugzeugen (links) Gemeinsamkeiten mit Metastasen (die roten Blutgefässe rechts versorgen einen Tumor). Beide Phänomene entstehen durch fluiddynamische Prozesse und lassen sich daher mit den gleichen Methoden simulieren.

Strömungsmechaniker wie Petros Koumoutsakos gehörten neben Teilchenphysikern, Klima- und Umweltwissenschaftlern zu den treibenden Kräften, durch die die Computersimulation, neben Experiment und Theorie, in den letzten gut 20 Jahren zum so genannten «dritten Standbein» der Forschung heranwuchs. Zwar nutzte schon Johannes Kepler, einer der Begründer der modernen Naturwissenschaften, im 17. Jahrhundert Simulationen, um Daten auszuwerten, Modelle zu entwickeln und Planetenbahnen zu berechnen. Doch war sein Supercomputer schlichtweg der eigene Kopf.

Am Anfang des Computerzeitalters, von den 1950er bis in die 1970er Jahre, konnten sich dann zunächst nur Regierungen Supercomputer leisten, die sie vor allem für militärische Zwecke einsetzten. Für Hochschulen und Forschungslabore erschwinglich und interessant wurden Hochleistungsrechner Ende der 1980er, Anfang der 1990er Jahre. Erst zu dieser Zeit waren die Rechner und Grafikprogramme leistungsstark genug, um mehrdimensionale Darstellungen in genügend hoher Auflösung zu präsentieren: Das dritte Standbein formte sich.

«Man nahm das, was man aus Theorie und Experiment wusste, «mixte» es quasi zusammen, entwickelte daraus ein Modell und fütterte damit den Computer», beschreibt es Alessandro Curioni, Leiter des Departements Mathematical and Computational Sciences am IBM-Forschungslabor in Rüschlikon, vereinfacht. Wobei die Simulation am Anfang lediglich ein Werkzeug gewesen ist, um Experimente und Theorien besser zu verstehen und sie zu bestätigen. Mit den daraus gewonnenen Erkenntnissen liessen sich dann wiederum bessere Theorien, daraus wieder bessere Modelle und bessere Simulationen entwickeln und so fort. «Denn je genauer und grösser das System ist, das man simu-

liert, desto besser beschreibt es die Realität», erklärt Curioni. So wuchs das «dritte Standbein» mit der Rechenpower, begann nach und nach den Wissenschaftskörper gleichberechtigt mit den beiden anderen Beinen zu tragen – und konnte auch immer mehr Skeptiker überzeugen, die nach wie vor ausschliesslich auf die Klassiker «Experiment» und «Theorie» setzten. Schliesslich, so ihre Argumentation, sei eine Simulation immer nur ein Abbild der Realität und dass sie korrekt sei, müsse erst bewiesen werden. Der Beweis, die Validierung, sei daher das A und O.

Das sieht auch Curioni so. Doch: «Simulationen können auch selbst eine Möglichkeit der Validierung sein und eine Quelle neuer Ideen für neue Theorien und neue Experimente. So können wir die grossen Fortschritte in der Wissenschaft machen.» Das müssten auch die Skeptiker begreifen, die immer nur nach Validierung riefen. Doch dieses Verhalten sei typisch für einen Transformationsprozess. Und genau in einem solchen befinde sich die Wissenschaft im Moment. Simulationen hätten sich entwickelt von etwas, was wir nutzen können, zu etwas, was wir brauchen.

«Wenn du nur Experimente machst, fischst du in einem riesigen Ozean mit allen möglichen Lösungen und weisst oft nicht, was wirklich wichtig für dein Problem ist.» Mit Hilfe der Simulation dagegen liessen sich die Dinge vereinfachen, die entscheidenden Eigenschaften herauspicken. Und das verringert die Anzahl unnötiger Experimente und kostet daher weniger Geld, Zeit und Ressourcen. So sind virtuelle Inszenierungen heutzutage fast schon ein Muss: Wer etwas in der Forschergemeinschaft auf sich hält, der testet im virtuellen Labor, was im realen zu teuer, zu aufwendig, zu riskant – oder aus technischen oder ethischen Gründen nicht möglich ist.

Doch wer das enorme Potenzial, das die neuen Superrechner den Anwendern bieten, wirklich nutzen will, muss seine Algorithmen, seine Software, seine Methodik an die Computerarchitekturen anpassen. Denn «massiv parallel» heisst das Gebot der Stunde im Hochleistungsrechnen. Das heisst, Zehntausende von Prozessoren arbeiten gemeinsam an einer Fragestellung – wobei jeder Prozessor ein kleines Teilproblem löst und sein Ergebnis an andere Prozessoren weitergibt. So entsteht aus vielen parallelen Einzelschritten die Gesamtlösung.

### **Teamarbeit tausender Prozessoren**

Konnte der erste digitale Computer, der Zuse Z3, 1941 gerade mal zwei Zahlen pro Sekunde addieren und erreichte damit eine Rechengeschwindigkeit von zwei Flops (Floating Point Operation Per Second, zu Deutsch: Gleitkommaoperationen pro Sekunde), bringt es der derzeitige Weltrekordhalter in der Top 500-Liste der schnellsten Computer, der «K computer» am RIKEN Advanced Institute for Computational Science im japanischen Kobe, auf stolze 10,51 Milliarden Flops, das sind 10,51 Petaflops. Um diese Höchstleistung zu erreichen, arbeiten rund eine halbe Million Prozessoren gleichzeitig zusammen.

Petros Koumoutsakos vergleicht das Problem, das sich angesichts solchen Gigantismus stellt, mit hunderten von Personen, die in einem Büro zusammen an einem Projekt arbeiten. «Wie bringe ich diese Anzahl an Menschen dazu, sinnvoll miteinander zu kommunizieren und zu arbeiten? Was ist, wenn einer krank wird? Scheitert dann das Projekt? Wie hoch ist die Toleranzgrenze?» Daher sei es so wichtig, Algorithmen und Software entsprechend zu optimieren, damit die Prozessoren nicht aufeinander warten müssen, also Leistung verloren geht. Vielmehr müssen sie nahtlos zusammenarbeiten und mögliche Ausfälle tolerieren. Die Skalierbarkeit spielt deshalb eine immer grösser werdende Rolle im Simulationshype – das heisst, die Eigenschaft von Software, mehr Prozessorressourcen auch 1:1 in mehr Leistung und damit schnellere Ergebnisse umzusetzen wird immer wichtiger. «Sonst ist es so, als ob man einen Ferrari zur Verfügung hat, aber damit gerade mal 40 Kilometer die Stunde fahren kann.» Zumal die Supercomputer-Experten in wenigen Jahren bereits die Exaflop-Grenze überschreiten wollen – das sind dann Trillionen Rechenoperationen pro Sekunde. «Wenn man eine solche Exaflop-Maschine nicht richtig nutzen kann, verbraucht man lediglich jede Menge Energie, aber produziert keine Wissenschaft», ist Koumoutsakos überzeugt.

Ein Beispiel, wie man mit diesen enormen Herausforderungen an Algorithmenforschung, Softwaretechnologie und

Visualisierungsverfahren umgehen könne, sei das Projekt Schweizerische Plattform für High-Performance and High-Productivity Computing (HP2C, vgl. S. 25), in dem verschiedenste Wissenschaftler gemeinsam mit den Supercomputer-Experten des Schweizerischen Hochleistungsrechenzentrums CSCS optimierte wissenschaftliche Simulationen für Hochleistungsrechner entwickeln. Solche interdisziplinären Simulationslabore brauche es viel mehr und in noch grösserem Massstab, meint Petros Koumoutsakos, «damit wir an die Grenzen von Wissenschaft und Technik vorstossen können.»

Noch genauere Wettervorhersagen, noch weiter reichen Klimaprognosen, die detaillierte Simulation ganzer komplexer Systeme wie des menschlichen Gehirns. Der Trend geht immer mehr von der mikroskopischen zur makroskopischen Ebene. Hin zur Simulation in Echtzeit. Selbst politische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Phänomene sollen die Supercomputer künftig, ähnlich einer Wettervorhersage, prognostizieren. Welche Auswirkungen etwa hat eine Naturkatastrophe auf das Liefer- und Produktionsnetzwerk des betroffenen Landes? Welche Folgen hat eine Pandemie? «Diese Dinge sind schwierig zu simulieren, aber sie kommen», ist IBM-Fachmann Curioni überzeugt.

Zudem, da sind sich die Experten einig, würden sowohl die drei Standbeine der Wissenschaft wie auch die Wissenschaften selbst immer mehr miteinander verschmelzen. «Die Metastasenbildung etwa ist ein durchweg fluiddynamischer Prozess. Daher können wir ihn auch mit Methoden aus der Fluidodynamik simulieren», beschreibt Petros Koumoutsakos einen seiner neusten Coups. Von der Entstehung einer Wirbelschlepe hin zu neuen Erkenntnissen, wie sich Metastasen bilden: Die Simulationswissenschaft macht es möglich.

Dennoch warnt Alessandro Curioni davor, zu rasch zu grosse Erwartungen zu wecken. «Dann werden wir schnell unglaublich.» Doch gelte es, die Gunst der Stunde zu nutzen: «Es ist wie zu Zeiten Galileos, als man etwas völlig Neues entdecken konnte. Diese Möglichkeit hat man nicht oft im Leben. Letztlich ist es eine ganz neue Art, Wissenschaft zu betreiben und zu verstehen.»

[www.cse-lab.ethz.ch](http://www.cse-lab.ethz.ch) →

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

# Superrechner für die Wissenschaft

Wissenschaftliche Simulationen basieren auf sehr rechenintensiver Datenverarbeitung. Sie werden in immer mehr Forschungsrichtungen eingesetzt. Was das für Rechner und Wissenschaftler bedeutet, diskutieren die Bio-Ingenieurin Viola Vogel und Thomas Schulthess, Leiter des nationalen Hochleistungsrechenzentrums CSCS.

*Gespräch: Martina Märki und Roland Baumann*

*Viele Simulationen, die heute die Wissenschaft beflügeln, wären ohne Supercomputer nicht möglich. Doch was ist gemeint, wenn man von Supercomputern spricht?*

**Thomas Schulthess:** Supercomputer sind gemäss einer gängigen Definition die schnellsten wissenschaftlichen Rechner, die zu einer gegebenen Zeit existieren. Allerdings ist diese Zeit jeweils sehr kurz. Denn die Rechengeschwindigkeit nimmt seit vierzig Jahren und wahrscheinlich noch über die nächsten zehn Jahre exponentiell zu. Ich spreche lieber von High Performance Computing. Das ist wissenschaftliches Rechnen, bei dem die Leistung oder die Effizienz entscheidend ist. Die Frage, wie schnell wissenschaftliche Fragestellungen eine Lösung erhalten, spielt die wesentliche Rolle.

*Zum High Performance Computing sind also auch Cluster geeignet?*

#### Gesprächsteilnehmer:

Thomas Schulthess ist Professor für Computational Physics an der ETH Zürich und Direktor des Schweizerischen Hochleistungsrechenzentrums CSCS.

Viola Vogel ist Professorin und Leiterin des Laboratoriums für biologisch orientierte Materialwissenschaften am Departement Health Sciences and Technology an der ETH Zürich.

**Schulthess:** Der Unterschied zwischen Supercomputern und Clustern ist heute klein geworden. Cluster waren früher Workstations, die über Ethernet verbunden waren, und entsprechend langsam. Heute verwendet man in Clustern und Supercomputern oft die gleichen Prozessoren, und auch Cluster haben leistungsfähige Netzwerke, sie sind ein-

«Entscheidend ist, wie schnell wissenschaftliche Fragestellungen eine Antwort erhalten.»

Thomas Schulthess

fach nicht so gross. Der Unterschied liegt darin, dass Supercomputer heute kostengünstiger sind, weil sie durch gezieltes Engineering effizienter geworden sind, auch hinsichtlich ihres Energieverbrauchs.

*Wofür brauchen Sie, Frau Vogel, die grossen Rechner?*

**Viola Vogel:** Supercomputer erlauben uns, komplexe Probleme zu simulieren und damit reellere Vorstellungen zu entwickeln, was sich auf verschiedenen Längenskalen, die wir erforschen wollen, abspielt. Zum Beispiel in der Welt von Atomen, die sich zu Molekülen zusammensetzen. Wir erforschen, welche Kräfte dabei wirken und was passiert,



Thomas Schulthess, Leiter des Schweizerischen Hochleistungsrechenzentrums CSCS, und Viola Vogel, Professorin für biologisch orientierte Materialwissenschaft, diskutieren über Simulationen in der Wissenschaft.

wenn zusätzliche Kräfte von aussen einwirken und an Molekülen ziehen. Ohne Supercomputer könnten wir keine Strukturmodelle von Proteinen erstellen, die mechanisch aus dem Gleichgewicht gezogen werden.

*Wäre Ihre Forschung somit vor zehn Jahren noch nicht möglich gewesen?*

**Vogel:** Es ist tatsächlich so, dass man als Wissenschaftler seine Fragestellungen auch den vorhandenen Kapazitäten anpassen muss, beispielsweise der Leistungsfähigkeit der Rechner. Als wir vor zwölf Jahren begannen, haben wir uns zunächst nur an sehr kleine Probleme herangewagt. Und dann erlebten wir, wie die Grösse der Systeme, die wir innert möglicher Frist rechnen können, von Jahr zu Jahr wuchs. Heute können wir Biowissenschaftler die Bewegung von grossen Molekülen in einem extrem komplizierten Kontext simulieren.

*Wenn die Erkenntnismöglichkeiten mit der Computerleistung wachsen, kann dann im internationalen Forschungswettbewerb nur erfolgreich sein, wer den schnellsten Supercomputer hat?*

**Schulthess:** So einfach ist es nicht. Das Wachstum der rechnerischen Möglichkeiten hat zwei Treiber. Der eine ist die Hardware. Dazu kommt, dass die Algorithmen, mit denen wir rechnen, immer besser und raffinierter werden. Und diese theoretischen Entwicklungen sind genauso wichtig wie die Fortschritte der Hardware. Das Rennen werden diejenigen gewinnen, die es schaffen, wissenschaftliche Fragen, Algorithmen und Computerhardware richtig zusammenzubringen. Und das ist es, was wir in der Schweiz besser machen wollen als andere. Diejenigen, die die richtigen Methoden und Maschinen auf die wichtigen wissenschaftlichen Fragestellungen ansetzen können, werden gewinnen.

*Dafür ist interdisziplinäres Arbeiten notwendig. Wie gelingt der Austausch zwischen den Fachrichtungen?*

**Schulthess:** Wir investieren im Rahmen der Plattform für High-Performance and High-Productivity Computing (HP2C) gezielt in interdisziplinäre Teams. Im Vordergrund stehen dabei effiziente wissenschaftliche Simulationscodes, deren Entwicklung wir mit HPC-Knowhow fördern, indem wir in den Entwicklungsteams an den Hochschulen entsprechende Expertinnen und Experten, das heisst Mathematiker, Informatikerinnen und Computerexperten, einbetten. Denn meiner Meinung nach genügt es nicht, wenn wir nur Trainings und Kurse anbieten.

**Vogel:** Erfahrungsgemäss werden die ersten Schritte oft von Quereinsteigern gemacht. Dann muss man an guten Beispielen illustrieren, was machbar ist. Dabei ist die Nähe zwischen Life Sciences und Ingenieurwissenschaften an der ETH enorm nützlich. Wichtig ist, dass die Fachleute, die sich vor allem mit Fragen der Computational Sciences auseinandergesetzt haben, lernen, sich mit Leuten, die eher aus dem experimentellen Bereich kommen, zu verständigen. Man muss ja auch die experimentelle Literatur gut kennen, um zu wissen, wo man mit Rechnungen einen Beitrag leisten kann. Eventuell ist es auch nötig, eine computergenerierte Erkenntnis mit Experimenten weiter abzustützen. Idealerweise kann jemand beides. Das ist heute sehr gefragt.

*Was bedeutet das für die Ausbildung in Zukunft?*

**Vogel:** Mit der jungen Generation kommt eine Generation, die von klein auf gewohnt ist, mit Computern und Computer Games umzugehen. Deshalb glaube ich, dass der Einsatz von Simulationen und Supercomputern in allen Wissenschaftsbereichen immer selbstverständlicher wird. Das wird auch die Biowissenschaften nochmals sehr verändern.

**Schulthess:** Es wird wichtig sein, genügend Leute in den Computational Sciences auszubilden. Und richtig ist auch, dass die schnelle Entwicklung bei den Computerspielen, insbesondere mit den Grafikprozessoren, in der nahen Zukunft das HPC in den Naturwissenschaften stark beeinflussen und sogar noch beschleunigen wird. Virtual Reality und Computer Games sind ein riesiger Markt mit einer potenten Industrie, die solche Technologieentwicklungen finanzieren kann. Die Game-Industrie profitiert von den numerischen Methoden, die in wissenschaftlichen Simulationen verwendet werden. Firmen, die Grafikhardware entwickeln, führen neuerdings eine HPC Line auf der High-End-Seite ihrer Produkte, um die Weiterentwicklung der Gaming-Hardware zu stimulieren.

*Ist die grafische Ebene dermassen zentral?*

**Vogel:** Sie ist enorm wichtig. Wir rechnen Systeme mit mehr als hunderttausend Atomen. Um da die signifikanten Ergebnisse zu erkennen, braucht man Visualisierungen. Die Daten sinnvoll und visuell verständlich aufzubereiten, ist eine grosse Herausforderung. Hier könnten wir von den Tricks der Spielindustrie viel lernen. Leider läuft der Wissenstransfer heute noch überwiegend von der Hochschule in Richtung Spielindustrie und viel zu wenig umgekehrt.

**Schulthess:** Für uns an den Supercomputerzentren heisst das auch, dass die Rechner von den Wissenschaftlern in Zukunft vermehrt interaktiv genutzt werden müssen, was eine operative Herausforderung sein wird.

*Man bezeichnet heute Computersimulationen als das dritte Standbein der Wissenschaft. Ist das tatsächlich so?*

**Vogel:** In der Biologie gab es ursprünglich sehr wenige Fragen, die man mit Supercomputern bearbeiten konnte, weil die Biologie so unglaublich komplex ist. So kommt es immer noch vor, dass Journals ein Ergebnis, das allein auf der Basis von Computersimulationen erzielt wurde, nicht publizieren wollen. Da braucht es teilweise noch Überzeugungsarbeit, bis akzeptiert wird, dass eine Computervorhersage genauso signifikant sein kann wie ein Laborergebnis. Andererseits arbeiten wir in den Biowissenschaften heute an Fragestellungen, zu denen wir anders gar keinen Zugang hätten. Und dies ist auch in vielen anderen Wissenschaftsgebieten der Fall.

**Schulthess:** In der Physik sind Simulationen schon lange verankert. Die grosse Herausforderung sind heute die komplexen Systeme, zum Beispiel in den Life Sciences, und die Anpassung und Anwendung der Computer und

---

**«Heute arbeiten wir an Fragestellungen, zu denen wir ohne Simulationen keinen Zugang hätten.»**

Viola Vogel

---

Algorithmen für solche Fragestellungen. Ich beobachte auch, dass man in den Klimawissenschaften die Modelle immer realistischer machen will. Gleichzeitig will man vermehrt zu statistischen Vorhersagen übergehen, also nicht nur eine Simulation, sondern viele Simulationen durchführen. Ähnliche Trends gibt es auch bei den Erdwissenschaften oder in der Materialwissenschaft. Durch solche Replikationen werden die Simulationen immer zuverlässiger.



ger. Das klingt einfach, ist aber auch rein mathematisch nicht ganz so leicht. Hier hat die ETH Zürich extrem gute Voraussetzungen, weil sich an unserer Hochschule eine langjährige naturwissenschaftliche Tradition mit einer starken mathematisch-physikalischen Tradition verbindet.

*Wenn die Anwendungen immer vielfältiger werden, bedeutet das einen stetigen Ausbau des Maschinenparks?*

**Schulthess:** Meine persönliche Meinung ist, dass man das Rechenzentrum gezielt auf wissenschaftliche Ziele ausrichten sollte. Es sind auch nicht wir, die die Ziele definieren, sondern die Wissenschaftler. Supercomputer sind eine anspruchsvolle Forschungsinfrastruktur, die ihren Preis hat, ähnlich wie etwa die Swiss Light Source des PSI. In der Physik existiert schon lange die Kultur, dass man die Wissenschaftler die Geräte und die Ziele definieren lässt. Dieses Modell übernehmen wir auch im Supercomputing. Die HPCN-Initiative legt genau dafür die Grundlagen. Ziel ist nicht, ganz oben auf der Top-500-Liste der Rechenpower zu stehen. Es geht um den Wert, den wir für die Wissenschaft erarbeiten, und nicht um Rankingplätze.

**Vogel:** Und es wächst ja nicht nur die Rechenleistung der Supercomputer, auch PCs, Laptops und andere mobile Geräte werden immer leistungsfähiger. Das heisst, dass wir vieles nun auch auf unseren eigenen Geräten rechnen können. Der Bedarf an Supercomputereinrichtungen wird jedoch weiterhin bestehen.

*Manchmal wird der Vorwurf geäussert, heute werde einfach mal gerechnet, und der wissenschaftliche Output sei nicht immer gegeben. Nach welchen Kriterien vergeben Sie die Rechenzeit, Herr Schulthess?*

**Schulthess:** Der Ablauf ist gleich wie bei vielen anderen grossen Forschungsinfrastrukturen, die sich Wissenschaftsgruppen teilen. Die Anträge der Wissenschaftler auf Rechenzeit werden in einen Peer-Review-Prozess eingegeben, um die Bedeutung der Fragestellung einzuschätzen. Wir vom Rechenzentrum prüfen dann, ob die beantragten Rechenzeiten realistisch sind. Die Ergebnisse dieser Begutachtungen werden dann von einem Panel bewertet, das Empfehlungen macht. Den letzten Entscheid habe ich, aber im Wesentlichen halte ich mich an die Empfehlungen des Panels.

**Vogel:** Unsere Projekte sind ja meist bereits vor dem Rechnen durch einen sorgfältigen Peer-Review-Prozess gegangen, beispielsweise nachdem wir Forschungsgelder beim Schweizerischen Nationalfonds beantragt haben. So sind wir auch gefordert, Ergebnisse zu liefern. Es kann aber sein, dass sich Publikationen hinausögern. Beispielsweise weil

noch weitere Experimente anzuschliessen sind. Es gibt auch bei Simulationen, wie bei jedem Experiment, Entdeckungen oder Fehlschläge, also Ergebnisse, die man nicht erwar-

---

**«Wissenschaft muss sich ‹bottom-up› entwickeln, und das muss auch für Supercomputing gelten.»**

Thomas Schulthess

---

tet hat. So gesehen kann es schwierig sein, bereits ein halbes Jahr später den Wert von Simulationen zu evaluieren, da der Validierungsprozess durchaus länger dauern kann.

**Schulthess:** Mit Peer- und Panel-Review vertrauen wir auf die üblichen Kontrollmechanismen im Wissenschaftssystem. Top-Down-Management würde ich eher nicht empfehlen. Wissenschaft muss sich «bottom-up» entwickeln, und das muss auch für Supercomputing gelten.

*Das CSCS wird jetzt in Lugano den Neubau für die neue Generation von Supercomputern der Schweiz eröffnen. Wie wichtig ist der Standort?*

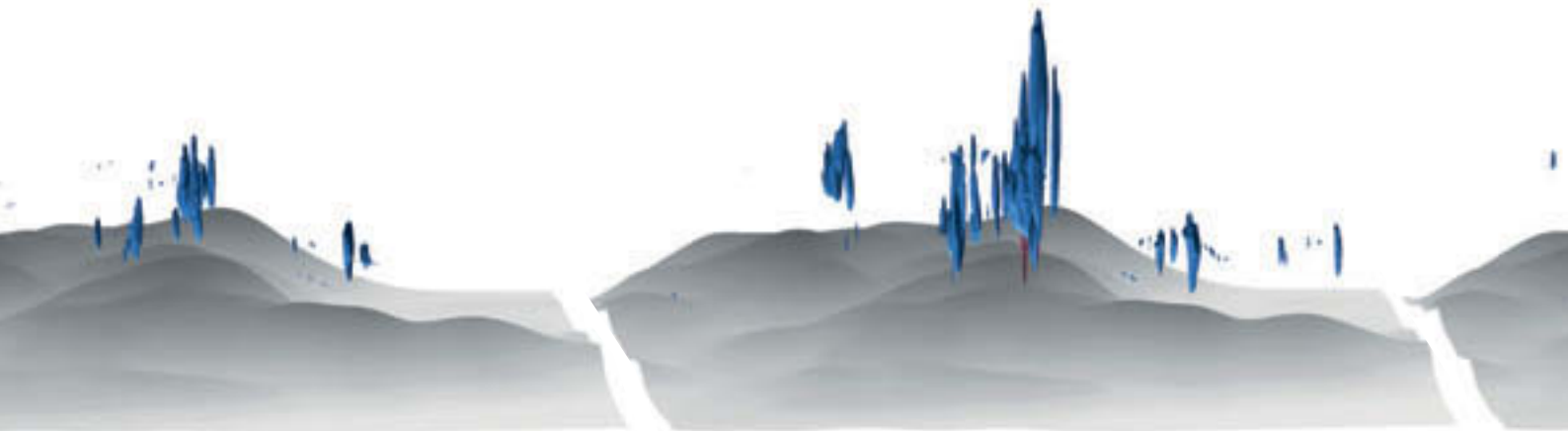
**Schulthess:** Lugano ist für uns als Betreiber ein guter Standort, weil wir hier viel Entgegenkommen seitens der Behörden und der Bevölkerung haben. Lugano ist nah genug, damit wir gut eingebettet sind in der Schweizer Wissenschaftscommunity. Gerade für die kombinierte Entwicklung von Algorithmen, Software und Hardware ist es wichtig, in der Schweiz ein Supercomputercenter zu betreiben, damit wir eigenes Know-how aufbauen und erhalten können.

**Vogel:** Auf den ersten Blick macht es vielleicht keinen Unterschied, ob so ein Rechner in Japan oder hier steht. Aber gerade wenn wir neue Methoden entwickeln, sind wir Wissenschaftler froh, wenn wir mit den Computerspezialisten auch mal direkt zusammensitzen können. ■

#### Hochleistungsrechner-Strategie

Mit einer Strategie für Hochleistungsrechnen und Vernetzung (HPCN, High Performance Computing and Networking) haben Bund, ETH-Bereich und Hochschulen die Basis für ein internationales kompetitives schweizerisches Supercomputing-Netzwerk gelegt. Ziel war, dass die Schweiz bis 2012 ein nationales Petaflop-Rechnersystem am CSCS in Lugano aufbaut. Ein Netzwerk aus Wissenschaftlern erarbeitet nun passende Software für den Petaflop-Rechner.

[www.hp2c.ch](http://www.hp2c.ch) →



Im Modell kann die Entstehung von sommerlichen Gewitterwolken im Tagesverlauf bereits relativ detailgetreu nachgebildet werden. Die Bildserie zeigt Momentaufnahmen einer Simulation mit einer horizontalen Maschenweite von 500 Metern um 12, 13, 14 und 18 Uhr Lokalzeit. In dunkelblauer Farbe sind Wolken aus Wassertropfen zu sehen, Wolken aus Eiskristallen sind hellblau gefärbt. Der Gewitterregen ist in Rot dargestellt, die resultierende Niederschlagsmenge in Regenbogenfarben (rot=viel, blau=wenig).

## Gewitter im Rechner

*Felix Würsten*

**Die Wetterprognosen wurden in den letzten Jahren immer zuverlässiger. Möglich wurde dies durch hochauflösende Prognosewerkzeuge, mit denen das Wettergeschehen präzise nachgebildet werden kann. Inzwischen lassen sich im Modell auch kleinräumige Gewitterwolken realitätsnah simulieren – eine wichtige Voraussetzung für verlässliche Voraussagen im Sommer.**

Vor 30 Jahren sagten die Prognostiker des nationalen Wetterdienstes MeteoSchweiz – der damals noch Schweizerische Meteorologische Anstalt hiess – die grossräumige Wetterlage für den nächsten Tag in sieben von acht Fällen richtig voraus. Heute beträgt die Zuverlässigkeit einer solchen Voraussage immer noch etwa 87 Prozent – allerdings nicht mehr für die Eintagesprognose, die inzwischen eine Präzision

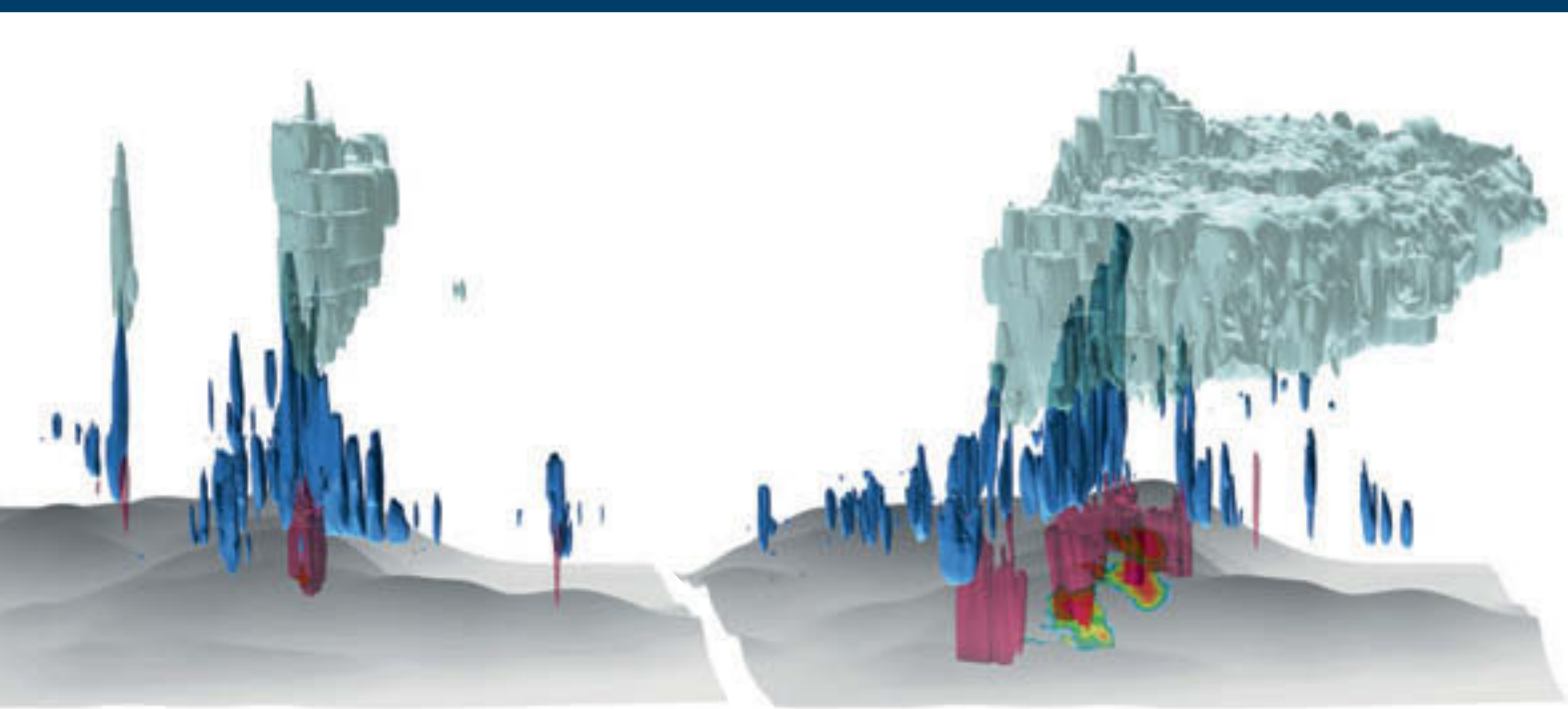
von 98 Prozent aufweist, sondern für die Vorhersage über die nächsten fünf Tage hinweg. Möglich wurde dieser Fortschritt durch die rasante Zunahme der Rechenleistung und durch die Entwicklung von immer besseren Wettermodellen. Wurden 1993 die ersten operationellen Wetterprognosen noch auf dem Grossrechner Cray Y-MP an der ETH Zürich erstellt, der mit 1,2 Giga-flops ungefähr die gleiche Rechenleistung hatte wie heute ein iPhone 4S, werden die täglichen Wetterprognosen inzwischen auf dem Rechner «Buin» am CSCS in Manno berechnet, der über eine 10000-fach höhere Rechenleistung von 14,2 Teraflops verfügt.

Diese Zunahme der Rechenleistung erlaubte es, 2008 das Wettermodell COSMO-2 in Betrieb zu nehmen. Dieses bildet den Alpenbogen mit einer horizontalen Auflösung von 2,2 Kilometern ab, wie Philipp Steiner, Leiter der Abteilung Numerische Modelle bei MeteoSchweiz, erklärt. «Durch die hohe Auflösung können wir das Wet-

tergeschehen in diesem anspruchsvollen Gebiet recht genau voraussagen.» Das lokale Modell COSMO-2, mit dem am CSCS alle drei Stunden eine neue Prognose berechnet wird, bildet dabei die unterste Stufe einer ganzen Modellkaskade: Eingebettet ist es in das regionale COSMO-7-Modell, das mit einer Maschenweite von 6,6 Kilometern dreimal pro Tag eine Dreitagesprognose für Europa liefert. Und dieses wiederum basiert auf den Daten, die zweimal pro Tag vom globalen Wettermodell IFS am European Centre for Medium-Range Weather Forecasts in Reading geliefert werden.

### Tausende von Zellen

Das Grundkonzept der numerischen Wetterprognose ist in all den Jahren gleich geblieben: Die Atmosphäre wird im Modell in Tausende von Zellen unterteilt, deren Zustand zum Zeitpunkt null mit Hilfe von Wettermessungen bestimmt werden kann. Basierend auf einem komplexen System von Differenzialgleichungen, die die physikalischen Vorgänge in der Atmosphäre beschreiben, lässt sich anschliessend



berechnen, wie sich jede einzelne Zelle über die Zeit verändern wird.

Der Zustand innerhalb der Zellen ist in der Realität natürlich nicht homogen, wie im Modell angenommen. Diesen Umstand versucht man mit der so genannten Parametrisierung aufzufangen, mit der kleinräumige Effekte innerhalb der Zellen nachgebildet werden. Dabei gilt als Faustregel: Je kleiner die Zellen sind, desto einfacher wird die Parametrisierung, da die physikalischen Prozesse genauer beschrieben werden können. Allerdings steigt im Gegenzug der Rechenaufwand, und zwar mit der vierten Potenz: Wird die Maschenweite im Modell halbiert, braucht es bei gleicher Rechenzeit eine 16mal höhere Rechenleistung.

Dazu kommt ein zweites Problem: Der Anfangszustand der Atmosphäre ist nie völlig genau bekannt. Und da kleine Ungenauigkeiten am Anfang über die Zeit hinweg zu grossen Fehlern anwachsen können, kommt der so genannten Datenassimilation eine zentrale Bedeutung zu. Da das COSMO-Modell nur quantitative Eingangsdaten wie Temperatur, Windgeschwin-

digkeit oder Druck verarbeiten kann, müssen die Informationen von Wetter-satelliten oder Regenradars zuerst aufwändig aufbereitet werden – eine anspruchsvolle Aufgabe, wie Steiner festhält. Tatsächlich gelang es erst in den letzten Jahren, die Umwandlung so weit voranzutreiben, dass sie für den operationellen Betrieb verwendet werden kann.

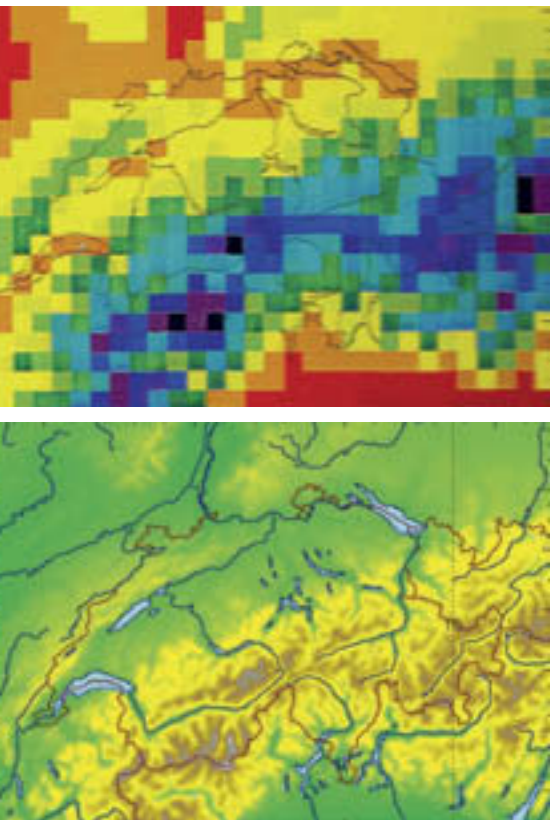
An der nächsten Generation von Wettermodellen werde bereits gearbeitet, verrät Steiner: «Zusammen mit Forschern der ETH Zürich und anderen Partnern arbeiten wir an der Entwicklung des COSMO-1-Modells, das nur noch eine Maschenweite von einem Kilometer haben wird. Diese Version wird auch die Daten der Wettersatelliten direkt verwenden können.» Läuft alles nach Plan wird das neue Modell 2015 in Betrieb gehen. Gleichzeitig arbeiten die Forscher auch an einem neuen Ensemble-Modell, mit dem die Zuverlässigkeit der Wetterprognose bestimmt werden kann. «Mit dem Ensemble-Modell rechnen wir jeweils verschiedene Durchläufe mit leicht unterschiedli-

chen Ausgangswerten durch. Dadurch können wir ermitteln, mit welcher Wahrscheinlichkeit das vorausgesagte Wetter eintreffen wird.»

### **Neue Verhältnisse im Sommer**

Mit dem Wettermodell COSMO arbeitet auch Christoph Schär, Professor am ETH-Institut für Atmosphäre und Klima. Er verwendet das Instrument allerdings nicht für Wetterprognosen, sondern um die regionalen Folgen des Klimawandels abzuschätzen. Besonders anspruchsvoll ist die Simulation der Sommermonate: Zum einen ist das Wetter in dieser Jahreszeit ohnehin schwierig vorauszusagen, weil kleinräumige Effekte wie Wolkenbildung und Gewitter eine prägende Rolle spielen. Zum anderen wird sich das Klima im Sommer gravierend verändern. «Es gibt nicht einfach wie im Winter, Frühling und Herbst eine Verschiebung hin zu den wärmeren Jahreszeiten, sondern wir werden im Sommer künftig völlig neue Verhältnisse haben.»

Schär hat sich in den letzten Jahren intensiv mit der Modellierung von Wolken und Gewittern befasst. «Diese



Das erste operationelle Wettermodell von MeteoSchweiz arbeitete 1994 noch mit einer Maschenweite von 14 Kilometern (oben). Das heutige Modell COSMO-2 berechnet die Wetterentwicklung über der Schweiz mit einer Auflösung von zwei Kilometern. Entsprechend präziser ist auch die Abbildung der Topografie, die das Wettergeschehen massgeblich mitprägt.

Vorgänge sind wichtig, weil sie andere wetterrelevante Faktoren wie die Sonneneinstrahlung und die Bodenfeuchte direkt beeinflussen.» Eine Prognose, ob es an einem bestimmten Ort am nächsten Tag gewittern wird, sei zwar auch künftig kaum möglich, meint Schär. «Doch wir werden genauer voraussagen können, mit welcher Wahrscheinlichkeit in einer Region mit einem Gewitter gerechnet werden muss.» Die Physik von kleinräumigen Gewitterzellen lässt sich bereits mit einer Auflösung von rund einem Kilometer recht gut nachbilden, wie Schärs

Doktorand Wolfgang Langhans kürzlich gezeigt hat. Dabei konnte er nachweisen, dass man bei der räumlichen Auflösung ein wichtiges Ziel erreicht hat: «Verkleinert man die Maschenweite im Modell von zwei Kilometer auf 500 Meter, lassen sich kleine Gewitter zwar noch besser abbilden als mit einer Maschenweite von einem Kilometer», stellt Langhans fest. «Doch auf die grossskalige Wetterlage hat die stärkere Verfeinerung keinen Einfluss mehr. Mit einem Kilometer hat man also diejenige Maschenweite erreicht, die für eine adäquate Beschreibung des Wettergeschehens notwendig ist.»

### Immer komplexere Modelle

Der gemeinsame Einsatz der Wettermodelle habe die Wetterprognostiker und Klimaforscher näher zusammengebracht, stellt Isabelle Bey fest. Als Geschäftsführerin koordiniert sie die Aktivitäten des Center for Climate System Modeling (C2SM), an dem sich Wissenschaftler der ETH Zürich, der MeteoSchweiz, der Empa und der Agroscope Reckenholz-Tänikon beteiligen. Das Kompetenzzentrum, dessen Aufbau durch private Donationen an die ETH Zürich Foundation ermöglicht wurde, erleichtert die Zusammenarbeit der Modellanwender. «Wir unterstützen die Forschenden im Umgang mit den immer komplexeren Modellen», erklärt Bey.

Komplexer werden die Modelle, weil die Wissenschaftler immer mehr Prozesse in die Berechnungen einbeziehen. Bey selbst untersucht beispielsweise, wie sich Aerosole wie Russ-, Staub- und Salzpartikel in der Atmosphäre ausbreiten. «Die kleinen Partikel sind wichtig für das Klima, weil sie die Strahlungsbilanz der Erde beeinflussen und die Wolkenbildung prägen», erklärt sie. «Im Gegensatz zu den Treibhausgasen, die relativ lange in der Atmosphäre bleiben, haben die Aero-

sole nur eine beschränkte Aufenthaltszeit. Dementsprechend ist ihr Verhalten schwieriger nachzubilden.»

Einen wichtigen Entwicklungsschritt erhoffen sich die Modellanwender vom Projekt High-Performance and High-Productivity Computing (HP2C, vgl. S. 25): Das heutige Prognosemodell COSMO wird auf die neue Rechnergeneration ausgerichtet, die demnächst in Betrieb gehen wird und einen weiteren Leistungsschub bringen soll. «Da die neuen Grossrechner mit anderen Prozessoren arbeiten, müssen wir weite Teile des Modells umschreiben und die Arbeitsabläufe innerhalb des Modells neu organisieren», hält Schär fest. «Die Herausforderung besteht darin, die Zehntausende von Prozessoren optimal zu nutzen und die notwendigen Datenflüsse zwischen diesen Prozessoren zu gewährleisten. Dabei zeigt sich, dass nicht mehr die Rechenzeit selber die entscheidende Einschränkung darstellt, sondern dass künftig der Zugriff auf die Speicher der limitierende Faktor sein wird.» Angesichts der zunehmenden Komplexität der Modelle und der neuen Rechnerarchitektur zeichnet sich für Schär ab, dass die Meteorologen und Klimaforscher künftig vermehrt auf die Unterstützung von Computerspezialisten angewiesen sein werden. «Und damit werden sich für uns auch völlig neue Zusammenarbeiten ergeben.» ■

[www.c2sm.ethz.ch](http://www.c2sm.ethz.ch) →

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



**Jack.** Loungechair, Konferenzstuhl, Drehstuhl. Design: Burkhard Vogtherr.



# Wie Aale schwimmen und Platten abtauchen

Simone Ulmer

**Wie effizient bewegen sich Fische durch das Wasser? Wie entstehen Erdbeben? Und wie lassen sich Solarzellen optimieren? Solche und ähnliche Fragen untersuchen ETH-Forscher mit Hilfe von leistungsfähigen Supercomputern. Diese liefern ihnen neue Einsichten für die Grundlagenforschung und konkrete Hinweise für praktische Anwendungen.**

Das Hochleistungsrechnen ist heute ein Schlüsselwerkzeug der Forschung, das Theorie und Experiment ergänzt und verbindet. Für die Schweizer Forschenden stellt das Nationale Hochleistungsrechenzentrum CSCS in Lugano die dafür benötigten Supercomputer bereit. Diese ermöglichen es, neue Materialien, die Entstehung des Universums, Prozesse im Erdinneren oder ganz konkret etwa das Mysterium der Aale zu erforschen.

## Von Fischen lernen

Die Reise der europäischen Aale gibt noch immer Rätsel auf: Um ihre Eier zu legen, verlassen die Fische ihre heimischen Süswassergefilde und machen sich auf eine bis zu 5000 Kilometer lange Reise in die Sargassosee vor den Bahamainseln. Bis zu einem Jahr dauert diese Reise, während derer die Aale keinerlei Nahrung zu sich nehmen – ein beispiellos energieeffizientes Unterfangen, das nicht nur das Interesse von Biologen weckt.

Die Frage, was die Aale derart effizient macht, beschäftigt auch Petros Koumoutsakos, Professor am Compu-

tational Science & Engineering Laboratory der ETH Zürich. Zusammen mit seinem Team definierte er die Form des Fisches im Modell und simulierte danach dessen Bewegung anhand von bestimmten Parametern wie etwa der Phase der Bewegungen oder der Krümmung des Fisches. Ein Evolutionsalgorithmus veränderte diese Parameter automatisch schrittweise, um herauszufinden, wie und wann der Fisch maximal effizient ist. «Ich bin überzeugt, dass wir aktuelle Fragen, wie etwa die Optimierung von Wind- und Wasserkraftwerken, lösen können, indem wir uns von Algorithmen und Formen aus der Natur inspirieren lassen», sagt Koumoutsakos.

In seiner neusten Studie hat der Wissenschaftler mit dem Optimierungsverfahren den so genannten C-Start von kleinen Fischen unter die Lupe genommen. Wittern Fische Gefahr, können sie, indem sie die Form eines «C» annehmen, ihre Bewegung in einem Bruchteil einer Sekunde mit bis zu dem Zehnfachen der Erdanziehung beschleunigen. Dass dieser C-Start tatsächlich die grösste Distanz zum Verfolger herstellt, konnten die Forscher nun erstmals durch Computersimulationen zeigen. Mit Hilfe von Algorithmen, die auf den Grundlagen der Evolutionsbiologie basieren, reproduzierten die Forscher das Fluchtverhalten von Zebrafischlarven. Durch massiv parallele Berechnungen auf Zehntausenden von Prozessoren des CSCS-Supercomputers «Monte Rosa» bildeten sie innerhalb von Tagen das Verhalten nach, das die Fische während ihrer biologischen Evolution über Millionen von Jahren hinweg entwickelten.

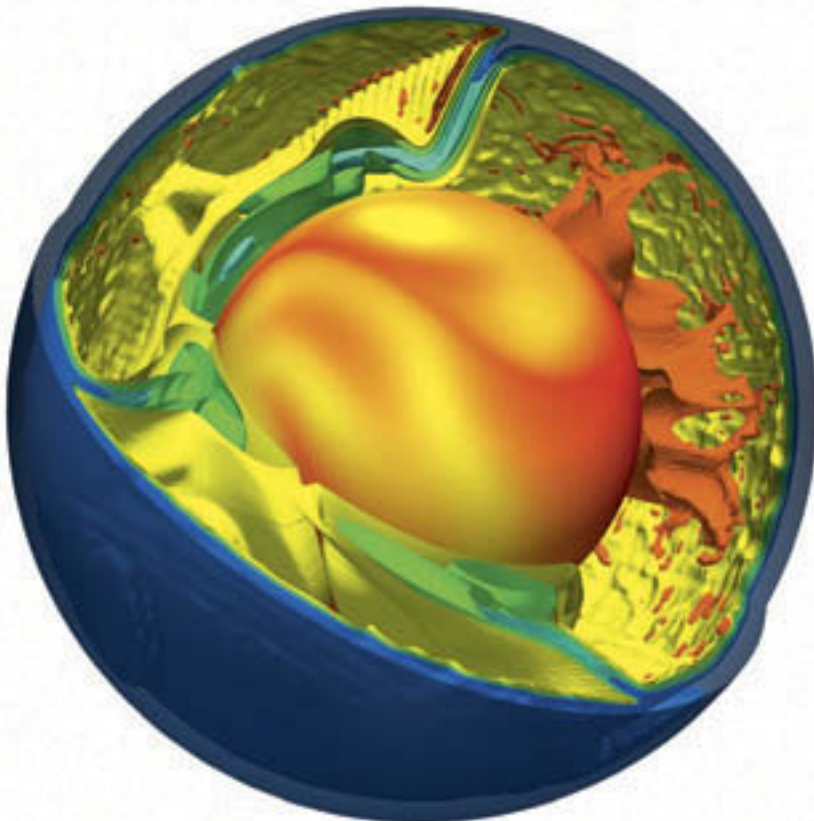
Die Forscher konnten zeigen, dass die Fische umso stärker beschleunigen, je mehr Wasser sie mit ihrer Bewegung verdrängen. Die Fische nutzen für ihre Beschleunigung die Hydrodynamik: Indem sie nicht nur ihre Flossen, sondern durch den C-Start ihre gesamte Muskulatur einsetzen, können sie viel grössere Massen an Wasser verdrängen – und dadurch sich selbst beschleunigen. Überraschend war, dass die dabei erzeugten Wirbel eine geringere Rolle spielen als bisher angenommen.

## Erdbebengefahr besser einschätzen

Viele Simulationen, die am CSCS durchgeführt werden, befassen sich mit direkten praktischen Anwendungen, beispielsweise mit der Gefahreinschätzung von Erdbeben. An so genannten Subduktionszonen taucht eine tektonische Krustenplatte, angetrieben durch ihr eigenes Gewicht und Konvektionsströme im Erdmantel, schräg unter die angrenzende Platte ab. Verhaken sich die Platten dabei ineinander und schieben sich danach ruckartig wieder weiter, bebt die Erde.

Zum Verständnis derartiger Prozesse haben Computersimulationen in den vergangenen vier Jahrzehnten wesentlich beigetragen. Sie sind von grosser Bedeutung, um die dynamischen Vorgänge im Erdinneren besser zu verstehen, die dadurch angetriebenen plattentektonische Prozesse und somit auch Erdbeben oder Vulkanausbrüche. Bis anhin gelang es den Wissenschaftlern jedoch nicht, in globalen Modellen die Vorgänge an Subduktionszonen realitätsnah zu simulieren. Statt dass sich so wie in der Realität die eine Platte unter die andere schob, tauchten in den Simulationen beide Platten senkrecht in den Erdmantel ab.

Dem Geophysiker und ETH-Professor Paul Tackley und seinem Team ist



ETH-Forschern gelang es, die Vorgänge entlang von Subduktionszonen im Erdmantel realitätsnah zu simulieren. Im Bild gut sichtbar sind die von der Erdoberfläche aus einseitig in den Erdmantel abtauchenden kalten tektonischen Platten (blau/grün) sowie das aus dem tiefen Erdmantel aufsteigende heisse Gesteinsmaterial (rot).

es gelungen, in globalen Computermode-llen ein asymmetrisches Abtauchen einer einzelnen Krustenplatte zu modellieren, indem die Forscher die Randbedingungen besser an die Realität anpassen. Das neu entwickelte Simulationsmodell erlaubt den Krustenplatten, sich nicht nur wie in bisherigen Modellen horizontal zu bewegen, sondern auch vertikal, so wie dies bei realen Krustenplatten auch der Fall ist. Der Trick dabei: Doktorand Fabio Crameri legte im Modell eine zähe «Luftschiicht» auf die Krustenoberfläche. Schon nach der geologisch kurzen Zeit von etwa zehn Millionen Jahren entwickelte sich im Modell eine stabile asymmetrische einseitige Subduktion.

Die Simulationen zeigen erstmals schlüssig, weshalb bei solchen Zonen immer nur eine Krustenplatte in den Erdmantel abtaucht: Durch das Aufwölben und Biegen kurz vor dem Ein-tauchen in den Erdmantel behält die abtauchende Platte ihre Festigkeit. Auf diese Weise wird verhindert, dass sie sich allzu stark mit der gegenüberliegenden Platte verhakt. Das mit Wasser angereicherte und dadurch weiche Krustenmaterial an der Oberseite der abtauchenden Platte wird beim Überschiebungsprozess stark beansprucht. Es wirkt bei diesem Vorgang als Schmiermittel zwischen den beiden Platten und erleichtert so die gegenseitige Bewegung.

### Solarzellen effizienter machen

In einem ganz anderen Bereich setzt hingegen ETH-Assistenzprofessor Joost VandeVondele vom Institut für Materialwissenschaften Simulationen ein: Er erforscht mit den Superrechnern am CSCS spezielle Solarzellen, die so genannten Grätzel-Zellen. Grätzel-Zellen funktionieren nach einem ähnlichen Prinzip wie die Fotosynthese und sind ein typisches Beispiel für ein Interface: ein Festkörper auf der einen Seite, ein Lösungsmittel auf der anderen, mit einem Farbstoff im Zwischenbereich. Wie diese elektrochemische Farbstoff-Solarzelle, die derzeit im Labor einen Wirkungsgrad von 12,3 Prozent erreicht, funktioniert, ist allerdings nicht vollständig verstanden.

Um die Zellen jedoch effizienter bauen zu können, müssen die Forscher ihre Funktionsweise möglichst genau kennen: «Der Prozess, wie Farbstoffe und Lösungsmittel mit der Oberfläche und dem Licht interagieren und dadurch Strom erzeugen, muss nachvollziehbar sein», sagt VandeVondele. Der Forscher verfolgt dieses Ziel mit Hilfe von Simulationen, in denen er möglichst viele Parameter berücksichtigt, die die Funktionsweise der Grätzel-Zelle bestimmen. Die Modelle sind dadurch enorm komplex und lassen sich nur mit speziellen Programmen, die molekulardynamische Prozesse in einer nützlichen Frist darstellen, auf modernen Hochleistungsrechnern modellieren. Je besser die Solarzellen durch die Simulationen verstanden sind, umso effizienter kann man mit ihnen im Labor experimentieren und dadurch ihren Wirkungsgrad verbessern.

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

## Fokus Simulationen



Am Simulator kann der Chirurg die Operation von Tumoren in der Gebärmutter fast lebensecht üben.

# Virtuelles Gewebe

Samuel Schlaefli

**Im nationalen Forschungsschwerpunkt «CO-ME» arbeiten Ingenieure mit Chirurgen an zukünftiger Medizintechnik. Dabei sind Simulationen von entscheidender Bedeutung, sei es als Hilfsmittel bei der Entwicklung von Augenrobotern oder als zentrales Element bei Trainingsgeräten für Chirurgen.**

Es war eine fantastische Gelegenheit: 2001 rief der Bund Wissenschaftler aus der ganzen Schweiz dazu auf, Projekte für die ersten Nationalen Forschungsschwerpunkte (NFS) einzureichen. Mit den NFS sollte die Forschung an der Schnittstelle zu Wirtschaft und Praxis mit strategischer Relevanz für die Schweiz gefördert werden. Ein solches Gebiet ist die Medizintechnik, für die Schweizer Unternehmen weltbekannt sind.

ETH-Professor Gábor Székely vom Institut für Bildbearbeitung packte die Chance beim Schopf und reichte mit Kollegen von anderen Universitäten, Universitätsspitalern und Fach-

hochschulen einen Antrag für den NFS «CO-ME – Computergestützte und bildgeführte medizinische Eingriffe» ein (siehe Kasten). Die über 250 Forscher und Mediziner verband das gemeinsame Interesse, Informationstechnologien zugunsten einer minimalinvasiven Medizin im klinischen Alltag zu etablieren.

### Intelligente Instrumente

«Vor zehn Jahren waren Simulationen in der Medizin noch grösstenteils ein Technologiespiel», sagt Székely, der den NFS CO-ME die vergangenen elf Jahre leitete. «Die Potenziale waren sichtbar, aber der Wissensstand noch zu beschränkt, als dass man bereits praxistaugliche Anwendungen hätte entwickeln können.» In den Spitalern verfügte man zwar inzwischen über viel Erfahrung mit bildgebenden Verfahren wie der Magnetresonanztomografie (MRI). Doch fehlten Möglichkeiten, die gesammelten Daten in fortschrittliche medizinische Technologien umzusetzen.

Gleichzeitig waren die Ärzte auf der Suche nach einer neuen Generation

von Arbeitswerkzeugen, «weg vom einfachen Stück Metall hin zum intelligenten Instrument», wie Székely den Trend umschreibt. Ein solches Instrument ist der im NFS CO-ME entwickelte Virtual-Reality-Simulator, mit dem Chirurgen endoskopische Operationen, zum Beispiel das Entfernen von Polypen oder Myomen aus der Gebärmutter, realitätsnah üben können.

Bis vor wenigen Jahren fehlten dafür raffinierte Trainingsmöglichkeiten. Die Ärzte mussten ihre Handfertigkeiten an Gemüse, in Kartonschachteln oder am Tierexperiment üben. Da diese «Simulationen» nie die komplexe Realität beim Menschen wiedergeben konnten, entfiel ein gewichtiger Anteil des Trainings der Assistenzärzte auf ihre ersten Operationen – mit einem entsprechend höheren Komplikationsrisiko für den Patienten.

Székely und seine Kollegen fragten sich deshalb: Wie wäre es denn, wenn die Ärzte die bevorstehenden Operationen mit einem Simulator üben könnten, ähnlich wie Piloten ihre Flüge? «Doch anders als beim Flugzeug fehlten uns beim Menschen die Baupläne für einen Simulator», erklärt Székely.



Fünf ETH-Institute aus den Bereichen Bildverarbeitung, Biomechanik, Elektronik und Computergrafik spannten zusammen, um eine möglichst realitätsnahe Simulation zu entwickeln. Als klinischen Partner gewannen die Forscher die Gynäkologie des Universitätsspitals Zürich. «Unsere grosse Herausforderung war, die Komplexität des Systems Mensch genügend präzise abzubilden», erinnert sich Székely.

Dazu waren Modelle zur Berechnung von physiologischen Reaktionen nötig. Vor allem das menschliche Gewebe stellte eine grosse Herausforderung dar: Dessen Verhalten muss möglichst realistisch dargestellt werden, damit der Chirurg im Simulator mit seinen Instrumenten den Widerstand von Organen, Sehnen oder der Haut des virtuellen Patienten spürt. Damit dies gelingt, muss die Simulation in Echtzeit erfolgen, denn jede verzögerte Körperreaktion macht die chirurgische Übung wertlos.

2007 ging aus Székelys Forschungsgruppe der Spin-off «VirtaMed» hervor, der den Simulator heute weltweit vertreibt. Rund hundert Stück sind mittlerweile in Ausbildungszentren und Spitälern im Einsatz. «Ich hätte nie gedacht, dass wir unsere Erkenntnisse aus der Grundlagenforschung so schnell in ein marktreifes Produkt umsetzen können», sagt Székely heute.

### Ultrakleine Augenroboter

Ein weiteres international vielbeachtetes Projekt, das seinen Lauf im NFS CO-ME nahm, sind die Augenroboter von Bradley Nelson, Leiter des Instituts für Robotik und intelligente Systeme an der ETH Zürich. Seine Idee: Chirurgen bei der Behandlung von altersbedingter Makuladegeneration (AMD) mit einem mikroskopisch kleinen Roboter zu unterstützen. Rund 30 Millionen Menschen sind heute von AMD betroffen. Vor fünf Jahren

präsentierte Nelsons Gruppe erstmals ein System, mit dem sich pharmazeutische Wirkstoffe in einzelne Augenätherchen einspritzen lassen. Dadurch wären die Heilungschancen wesentlich höher als bei der herkömmlichen Therapie. Bei dieser wird der Wirkstoff direkt ins Auge gespritzt, wo er meist unspezifisch wirkt, was zu ungewollten Nebenwirkungen führen kann.

Gesteuert werden die Mikroroboter – winzige, von Auge kaum sichtbare Kobalt-Nickel-Splitter – über magnetische Felder, die ausserhalb des Auges angelegt werden. Ohne Simulationen wäre die Entwicklung einer solchen Steuerung praktisch undenkbar. Mit virtuellen Testläufen lernte Nelsons Gruppe, wie die Elektromagneten interagieren und welche Kräfte sie auf die Roboter im Auge ausüben.

Anhand der Simulationen näherten sich die Forscher der idealen Konfiguration an, die im Labor aufgebaut wurde, um erste Versuche an leblosen Tieraugen durchzuführen. Weitere Simulationen waren nötig, um die mechanischen Eigenschaften der Retina zu verstehen, in der sich die Roboter später zurechtfinden sollen. Dies geschah im Austausch mit Augenspezialisten des Universitätsspitals Bern.

«Mit CO-ME wurden wir Teil eines umfassenden Netzwerks», sagt Bradley Nelson. «Das hat uns viele Türen zu Kliniken und Forschungsgruppen geöffnet, die das Know-how haben, das wir für unsere Anwendung benötigen.» Auch aus Nelsons Gruppe entwickelte sich ein Spin-off: «Aeon scientific» vertreibt heute das innerhalb von CO-ME entwickelte Magnetsteuerungssystem.

Für die Anwendung bei Augenoperationen ist jedoch noch weitere Forschung nötig. Nelson wird sein Projekt deshalb mit einem Advanced Grant der Europäischen Union für mindestens fünf Jahre weiterführen.

Um die Zusammenarbeit des in CO-ME etablierten Netzwerks auch nach Auslaufen des NFS im Jahr 2013 fortzuführen, haben die Partner eine Koordinationsstelle für Schweizer Forschung in der computerunterstützten Chirurgie gegründet. Zudem sind während des NFS an der ETH Zürich sowie den Universitäten Bern und Basel Zentren für Medizintechnik entstanden, die weiterhin kooperieren werden.

Székely ist überzeugt, dass die Grenzen zwischen klinischem Alltag und medizintechnischer Forschung durch den NFS durchlässiger geworden sind: «Heute kennen die Ingenieure die Anforderungen der Spitäler und umgekehrt wissen die Ärzte, mit welchen technischen Möglichkeiten wir in unseren Labors arbeiten.» ■

#### Nationaler Forschungsschwerpunkt

##### «CO-ME»

2001 wurde «CO-ME – Computergestützte und bildgeführte medizinische Eingriffe» als eines von 14 Nationalen Forschungsschwerpunkten (NFS) gestartet. Basierend auf Zwischenevaluationen wurde es zweimal auf die maximale Laufdauer von zwölf Jahren verlängert. Die ETH Zürich übernahm als «Leading House» die Leitung.

Ziel des NFS ist die Entwicklung von Spitzentechnologie für den Operationssaal, in der letzten Phase nun mit einem Fokus auf chirurgische Eingriffe am Kopf. Insgesamt 20 Forschungsgruppen aus Schweizer Hochschulen arbeiten aktuell mit Ärzten aus den Universitätsspitalern Basel, Bern und Zürich an fünf Teilprojekten. Dem NFS entsprangen bislang elf Spin-off-Unternehmen, drei davon an der ETH Zürich. Zugleich verfassten die Forscher über 800 wissenschaftliche Publikationen.

[www.co-me.ch](http://www.co-me.ch) →

## Zoom



Die Region Flughafen Zürich aus der Vogelperspektive. Der Einfluss des Flughafens reicht bis an den Alpenrand.

### Flughafenregionen

## Besser mit Integration

Martina Märki

**Die räumliche Entwicklung von Flughäfen in Stadtregionen verläuft nicht nachhaltig. Das internationale Forschungsprojekt «Better Airport Regions», das von Städtebauern der ETH Zürich und der TU München initiiert wurde, will das verbessern.**

Flughäfen haben auf die Entwicklung der umliegenden Regionen grossen Einfluss. Grund genug für Städtebauer um Kees Christiaanse, Professor am Institut für Städtebau der ETH Zürich, Flughafenregionen genauer unter die Lupe zu nehmen. Seit rund vier Jahren befassen sich Christiaanse und weitere Forscher an der ETH Zürich und anderen Hochschulen mit dem Thema Stadt und Flughafen. So entwickelten sie im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms NFP 65 «Neue urbane Qualität» Szenarien für die zu-

künftige Entwicklung der Flughafenregionen Zürich Nord und Glattal. Nun steht mit dem internationalen Forschungsprojekt «Better Airport Regions» der Flughafen Amsterdam Schiphol im Mittelpunkt.

### Von Erfolgsmodellen lernen

«Uns interessieren die Urbanisierungseffekte, die Flughäfen in städtischen Regionen auslösen. Wir wollen untersuchen, wie Flughäfen zu einer nachhaltigeren räumlichen und funktionalen Entwicklung urbaner Regionen beitragen könnten», sagt Christian Salewski, Projektleiter an der ETH Zürich. Die Einbindung des Flughafens Zürich nicht nur in das nationale, sondern auch in das lokale Bahnnetz habe zum Beispiel der Region Zürich enorm viel gebracht. Anders ist die Situation in der Region Amsterdam. «Während Schiphol Airport sehr gut an das nationale Verkehrsnetz angeschlossen

ist, ist die Integration in das lokale öffentliche Verkehrsnetz dagegen schwach», erläutert Christiaanse. Um den Flughafen herum entwickelt sich ein gesichtsloser Brei aus Gewerbegebäuden, Parkplätzen und Industrieparks. «Aus Sicht von uns Städtebauern ist das weder wünschenswert noch optimal.» Umgekehrt zeigt Schiphol Airport eine Entwicklung, die im Flughafen Zürich gerade erst im Entstehen begriffen ist: Schiphol wurde zu einer eigenständigen «Stadt» mit Einkaufszentren, Hotels und Gewerbeflächen. «Airport City», das Geschäftsmodell von Schiphol Airport, ist wirtschaftlich erfolgreich. Die Quadratmeterpreise in der Airport City sind vergleichbar mit den teuersten Lagen im Zentrum Amsterdams.

«Diese Entwicklung ist in gewisser Weise durchaus nachhaltig», erklärt Projektpartner Mark Michaeli, Professor an der TU München, «weil es den Flughafen und die umliegenden Gemeinden wirtschaftlich gegen Schwankungen im Fluggeschäft absichert.»



Stadt und Airport wachsen zusammen.  
Blick vom Flughafen Zürich nach Zürich-Nord



Bauliche Entwicklungen zwischen Flughafen  
und Stadt Zürich



Der Flughafen wird zum Geschäftszentrum.  
Projekt The Circle beim Flughafen Zürich

Die Kehrseite: eine stärkere Belastung der Infrastruktur und dadurch allenfalls Kapazitätsengpässe in der ganzen Region sowie eine verschärfte Standortkonkurrenz. Wenn schon «Airport City», meint er, dann könne man doch gleich Ernst machen mit einer integrierten und dadurch nachhaltigeren, über das eigentliche Flughafengelände hinausgreifenden Planung. «Wenn der Flughafen schon eine eigene Müllverbrennungsanlage hat, warum nutzt man dann die Abwärme beispielsweise nicht für die umliegenden Gewerbeprozesse?» So weit ist es noch nicht. Doch ein Projekt, das gegenwärtig am Flughafen Amsterdam entsteht, weist bereits in die richtige Richtung, wenn auch zunächst nur flughafenintern: Das Glykol, das zum Enteisen der Flugzeuge verwendet wird, soll mit Hilfe von Algen für die Erzeugung von Energie genutzt werden. Diese wird helfen, das Rechenzentrum des Flughafens zu betreiben.

### Stakeholder am Tisch

Dass eine bessere planerische und räumlich-funktionale Verknüpfung zwischen dem Flughafen und den umliegenden Regionen nicht ganz einfach ist, das wissen die Städtebauer nur zu gut: «Auch in den Niederlanden ist Raumplanung grösstenteils dezentral

organisiert und Sache der Gemeinden, ähnlich wie in der Schweiz», erklärt Christiaanse. Das macht die Planungsprozesse komplex. Dennoch sollen die Forschungsergebnisse den Weg in die Praxis finden.

Dazu arbeiten die Forscher mit Stakeholdern zusammen, so mit Schiphol Airport in Amsterdam und mit Zürich Airport. Regionale Partner in der Schweiz sind zudem die Stadt Kloten, die Stadt Zürich und der Kanton Zürich. Auch in den Niederlanden sitzen weitere regionale Partner mit den Forschern am gleichen Tisch.

Der Nachhaltigkeits-Thinktank «theGROUNDS» von Schiphol Airport dient als Diskussionsplattform. Hier wird an Workshops das Wissen der Projektteilnehmer und der Stakeholder zusammengeführt und im Rahmen von Konferenzen mit Unterstützung durch die KIC Climate Change Initiative des European Institute of Innovation and Technology einer breiten internationalen Fachöffentlichkeit zugänglich gemacht.

Da kommt einiges zusammen: Zum Beispiel hochspezialisiertes Technikwissen der Forscher von der TU Delft, die sich vor allem mit der nachhaltigen Gestaltung von Energie-, Wasser-, und Verkehrsflüssen befassen. In einem Simulationstool soll dieses Wis-

sen für Planer und Entscheider greifbar werden. An der TU München werden Fallbeispiele aus weiteren europäischen Flughafenregionen ausgewertet. Die ETH-Forscher richten ihre Aufmerksamkeit darauf aufbauend auf die Transformationsmöglichkeiten, die sich mit einer verbesserten Integration des Schiphol Airport in die regionale Planung ergeben. Am Ende soll nicht nur ein Modell für eine nachhaltigere Entwicklung der Flughafenregion Amsterdam vorliegen, sondern es sollen auch Werkzeuge und Guidelines zur Verfügung stehen, die Planern und Behörden weltweit helfen können, ihre Flughafenregionen besser in das Umfeld zu integrieren. ■

### Better Airport Regions

Das Projekt «Better Airport Regions» ist Teil des niederländischen Forschungsprogramms «Urban Regions in the Delta», das von der NWO, der niederländischen Organisation für die Förderung wissenschaftlicher Forschung, ausgeschrieben wurde. Es wird von der NWO mit 900 000 Euro gefördert. Beteiligt sind Forschergruppen der TU Delft, der Universität Amsterdam, der ETH Zürich und der TU München.

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

## Inside



Heidi Wunderli-Allenspach begrüsst zusammen mit ihrem Nachfolger Lino Guzzella Studierende, die ein Leistungsstipendium erhalten haben. Mit dem «Excellence Scholarship and Opportunity Programme» hat die ETH-Rektorin ein wichtiges Instrument eingeführt, um junge Talente gezielt zu fördern.

## ETH-Schulleitung

## «Lehren ist so wichtig wie forschen»

Interview: Felix Würsten

**Ende Juli tritt Heidi Wunderli-Allenspach nach fünf Jahren als Rektorin der ETH Zürich zurück. Die Konsolidierung der Studienreform, die Stärkung der Lehre, ein permanenter Spar- und eine kritische Debatte mit den Mittelschulen prägen ihre Amtszeit.**

*Frau Wunderli, die Studierenden feiern dieses Jahr das 150-Jahr-Jubiläum ihres Verbands. Was fällt Ihnen auf, wenn Sie die heutigen Studierenden mit denjenigen Ihrer Studienzeit vergleichen?*

Meine Studienzeit liegt zum Glück nicht ganz so weit zurück, sondern nur vier Jahrzehnte. Damals war der Umgang mit den Professoren und auch mit der Schulleitung distanzierter und

formeller. Die heutigen Studierenden sind viel aufgeschlossener. Sie sind gute Gesprächspartner, konstruktiv, manchmal auch hartnäckig, aber immer fair. Bei uns waren die Interaktionsmöglichkeiten noch sehr rudimentär. Studierende, die sich an der Entwicklung der Hochschule beteiligen wollen, haben heute die Möglichkeit dazu – und das ist auch gut so. Generell positiv entwickelt haben sich Fertigkeiten wie Projektmanagement oder Präsentationstechniken. Diese so genannten Soft Skills waren bei uns noch wenig ausgeprägt, um es vorsichtig zu sagen.

*Das entspricht ja auch dem Image, das den ETH-Studierenden lange anhing.*

Ich stelle im Gespräch mit Ehemaligen häufig fest, dass sie ein überholtes Bild des ETH-Studiums haben. Ich

kann dann jeweils mit Vergnügen erzählen, was sich in den letzten Jahren verändert hat. Wenn man schon über Defizite in der Ausbildung spricht, dann möchte ich das gerne auf dem letzten Stand diskutiert haben.

*In Ihrer Amtszeit hat sich einiges geändert: Die Ausbildung ist heute internationaler ausgerichtet, neue Lehrmodelle wurden eingeführt, das Studierenden-coaching wurde ausgebaut und talentierte Masterstudierende werden mit Leistungsstipendien gefördert. Was sind aus Ihrer Sicht die entscheidenden Punkte?*

Die wichtigsten haben Sie bereits erwähnt. Viele Projekte waren im Zuge der Bologna-Reform bereits angestossen, als ich 2007 das Amt von Konrad Osterwalder übernahm. Mei-

ne Aufgabe war es, das Ganze zu konsolidieren. Das tönt vielleicht nicht so spannend, aber es war das, was man machen musste. Reformen gab es in den letzten Jahren mehr als genug. Eine Folge der Bologna-Reform war dann die enorme Zunahme von externen Bewerbungen für die Masterstudiengänge. Auf der organisatorischen Ebene war der Umbau des Lehrzentrums ein wichtiger Schritt: Wir haben die Studierendenberatung und die Verbindung zu den Gymnasien in der Gruppe «Studienorientierung und Coaching» gebündelt und die neue Einheit «Lehrentwicklung und -technologie» geschaffen, die sich an den Bedürfnissen der Dozierenden orientiert. Zweifellos ein Highlight dieser Konsolidierungsphase ist der neue Studiengang «Gesundheitswissenschaften und Technologie». Auf Anhieb haben sich 170 Studierende eingeschrieben, die Hälfte davon Frauen!

*Ein wichtiges Thema Ihrer Amtszeit waren die Finanzen. Hat Sie der ständige Spardruck nicht ermüdet?*

Nein, ich versuche immer, Frust in Energie umzuwandeln. Aber wir haben ein Problem: In den letzten zehn Jahren haben die Mittel für den Grundauftrag teuerungsbereinigt um weniger als ein Prozent pro Jahr zugenommen – und dies, obwohl wir heute 60 Prozent mehr Studierende haben. Und 2020 werden wir voraussichtlich nochmals 15 bis 20 Prozent mehr Studierende haben. Die BFI-Botschaft 2013–2016 sieht zwar ein durchschnittliches jährliches Mittelwachstum von 3,7 Prozent vor. Doch dieses wird nicht gleichmässig verlaufen: Am Anfang der Periode plant der Bundesrat eine geringe Zunahme um von 1,5 bis 2,5 Prozent pro Jahr. Damit können die Hochschulen nicht einmal den Anstieg bei den Studieren-

den auffangen. Am Ende der Periode im Jahr 2015 steigen die Mittel dann plötzlich stark an, um fünf Prozent und mehr. Die Erfahrungen mit der letzten BFI-Botschaft lassen befürchten, dass der prognostizierte Anstieg gegen Ende der Periode kaum stattfinden wird. Drittmittel bieten keine Alternative, denn sie sind in der Regel projektgebunden, wogegen der Lehrbetrieb auf Kontinuität bauen muss.

*Müsste die ETH Zürich nicht bei der Politik stärker für ihre Anliegen werben?*

Es braucht eine permanente Sensibilisierung der Politik für die Anforderungen der Bildung, weil diese für den Werkplatz Schweiz extrem wichtig ist. In der Bildungspolitik kann man aber keine kurzfristigen Resultate erwarten, das macht die Sache schwierig. Die Bologna-Reform wurde zum Beispiel vor zehn Jahren eingeführt. Doch wir haben je nach Fach erst drei bis vier Absolventenjahrgänge, und die Wirtschaft kann sich unter dem Mastertitel immer noch nicht viel vorstellen. Dennoch: Unsere Absolventinnen und Absolventen sind auf dem Arbeitsmarkt nach wie vor sehr gefragt.

*Hat sich Bologna denn aus Sicht der ETH bewährt?*

Ich finde, ja. Wir haben das Studienangebot diversifiziert, die Wahlfreiheit vergrössert und departementsübergreifende Studiengänge geschaffen. Und wir vermitteln mehr Soft Skills. Das sind positive Aspekte. Zudem hat die Bologna-Reform die Weiterentwicklung der Lehre in das Zentrum universitärer Debatten gerückt. Es ist nicht selbstverständlich, dass die Leitung einer Forschungsuniversität wie der ETH heute dezidiert die Meinung vertritt, die Lehre sei so wichtig wie die Forschung.

*Sie haben sich bereits vor Ihrer Zeit als Rektorin intensiv mit den Mittelschulen befasst. Wie erleben Sie die Zusammenarbeit mit den Gymnasien?*

Die Zusammenarbeit funktioniert sehr gut. Unsere Studie «Maturanoten und Studienerfolg» sorgte vor einigen Jahren zwar für Aufregung. Doch daraus hat sich eine konstruktive Diskussion entwickelt. Mein Grundsatz war stets: Ich bin zufrieden mit dem automatischen Übertritt an die ETH, solange wir die Basisprüfung haben, und ich möchte mich auch in Zukunft darauf verlassen können, dass die Gymnasien ihren Job machen. Mühe habe ich, wenn die Maturaquote aus politischen Überlegungen um jeden Preis erhöht werden soll. Das fein austarierte Bildungssystem der Schweiz hat sich bewährt und bietet eine breite Palette an Ausbildungsmöglichkeiten.

*Wenn Sie zurückblicken: Würden Sie das Amt der Rektorin nochmals annehmen?*

Ich habe mich in diesem Amt von Anfang an sehr wohl gefühlt und hatte stets den Eindruck, als Rektorin könne ich etwas bewegen. Ich habe es nie bereut, diesen Schritt damals gemacht zu haben. ■

#### **Zur Person**

Heidi Wunderli-Allenspach studierte an der ETH Zürich Biologie und war danach an verschiedenen Universitäten und Instituten im In- und Ausland tätig. 1986 wurde sie an der ETH als Assistenzprofessorin, 1992 als ausserordentliche Professorin gewählt. In ihrer Forschung befasste sie sich schwerge-  
wichtig mit zellbiologischen Aspekten der Biopharmazie. Während ihrer Tätigkeit als Professorin übernahm sie als Departementsvorsteherin Aufgaben im Hochschulmanagement und setzte sich in verschiedenen Gremien für die Belange der Lehre ein. Seit Anfang September 2007 ist sie Rektorin der ETH Zürich und damit auch Stellvertreterin des Präsidenten.

## Inside



Der symbolische Einweihungsakt. Von links: ETH-Präsident Ralph Eichler, Yong-I Ying von der NRF in Singapur, Bundesrat Alain Berset, der Singapurische Minister für Umwelt und Wasserressourcen, Vivian Balakrishnan, ETH-Rat-Präsident Fritz Schiesser und der Direktor des SEC, Gerhard Schmitt.

## SEC

## Forschungszentrum in Singapur eingeweiht

Roland Baumann

**Im Beisein von Bundesrat Alain Berset wurde am 16. März das Singapore-ETH Centre for Global Environmental Sustainability (SEC) eingeweiht. Rund 250 Gäste aus der Schweiz und aus Singapur nahmen an der Eröffnungsfeier des ersten Forschungsstandorts einer Schweizer Universität in Asien teil.**

Mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung lebt in Städten. Megacities in Asien, Afrika und andern Weltregionen werden in den kommenden Jahren und Jahrzehnten weiter wachsen. Eine der grossen globalen Herausforderungen besteht deshalb darin, Städte nachhaltig zu planen und zu bauen. Die ETH Zürich hat früh erkannt, dass solche Herausforderungen auf globaler Ebene angegangen werden müssen. Im September 2010 gründete sie das Singapore-ETH Centre for Global Environmental Sustainability (SEC), das durch die National Research Foundation (NRF) von Singapur massgeblich unterstützt wird.

«Singapur ist ein idealer Standort, um an neuen Ideen und Konzepten für nachhaltigere Städte zu forschen», sagt Professor Gerhard Schmitt, die treiben-

de Kraft hinter dem ETH-Engagement in Asien und SEC-Direktor. Denn in Asien verlaufen das Bevölkerungswachstum und damit die urbane Entwicklung besonders dynamisch. Man geht davon aus, dass in dieser Region in den nächsten 20 bis 30 Jahren etwa dreimal so viele Menschen dazukommen werden, wie heute in Europa leben.

### Mehr als 100 Forscher

Future Cities Laboratory (FCL) heisst das erste Forschungsprogramm, das die ETH Zürich unter der Leitung von Professor Kees Christiaanse in Singapur realisiert. Mit verschiedenen akademischen Partnern, unter anderem mit der National University of Singapore (NUS) und der Nanyang Technological University (NTU), arbeitet sie daran, nachhaltigere und ressourcenschonendere Grossstädte zu entwickeln. Das Programm wurde in den vergangenen eineinhalb Jahren aufgebaut. Heute sind mehr als 100 Forschende für das FCL tätig, darunter 45 Doktorierende und rund 20 Postdocs. Sie gruppieren sich um zwölf so genannte Principal Investigators, ETH-Professorinnen und -professoren, die für einzelne Module zuständig sind und temporär in Singapur forschen.

Anfang Jahr bezog die ETH Zürich als erste ausländische Universität ihre Räumlichkeiten im neu gebauten CREATE Tower auf dem Campus der NUS. Unter diesem Dach werden die Forschungsgruppen ausländischer Universitäten, unter anderem auch vom MIT, von der UC Berkeley und der TU München, vereint. Den Einzug in die Räumlichkeiten nahm die ETH Zürich zum Anlass, ihr Forschungszentrum in Singapur offiziell einzuweihen. Rund 250 geladene Gäste aus der Schweiz und aus Singapur nahmen an der Feier teil, darunter Bundesrat Alain Berset.

### Chance für die Ausbildung

Der Schweizer Bildungsminister strich in seiner Rede die Bedeutung von Bildung, Forschung und Innovation heraus, besonders für Länder wie die Schweiz und Singapur, beides Kleinstaaten ohne nennenswerte Rohstoffvorkommen. Er hoffe, dass die Forschungszusammenarbeit in Singapur dazu beitragen werde, das Wachstum der Städte nachhaltiger zu gestalten.

ETH-Präsident Ralph Eichler sieht im neuen Forschungszentrum auch eine Chance für die Ausbildung: «Hier gewonnene Erkenntnisse werden in die Curricula der Architektur- und Ingenieurstudiengänge einfließen und unsere Absolventinnen und Absolventen dazu befähigen, neues Wissen bei der Planung und bei der Entwicklung von Grossstädten einzusetzen.» ■

<http://www.futurecities.ethz.ch/> →



ABACUS vi  
version internet

## ABACUS Business Software – Version Internet

- > Vollständig neu in Internetarchitektur entwickelte ERP-Gesamtlösung
- > Skalierbar und mehrsprachig > Rollenbasiertes Benutzerkonzept
- > Unterstützung von Software-as-a-Service (SaaS) > Lauffähig auf verschiedenen Plattformen, Datenbanken und Betriebssystemen

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



**ABACUS**  
business software

Ich  
erzeuge **Energie.**



Von Windpark bis Fitnesscenter: Als Mitarbeitende/r der BKW-Gruppe fließt Ihre Energie an vielen Orten. Und mit klimafreundlichem Strom aus Wasser, Wind, Sonne, Kernkraft und Biomasse lassen Sie täglich mehr als eine Million Menschen daran teilhaben – unterstützt von 2'800 kompetenten Kolleginnen und Kollegen.

**BKW**®

Wir entwickeln und realisieren die Energieinfrastruktur von heute und morgen. Bei Ihrem Berufseinstieg in der BKW entdecken Sie Ihr eigenes Energiepotenzial und werden zum Fachspezialisten und Projektprofi, zum Beispiel als Teil unseres Engagements in der Windkraft. Für junge Ingenieurinnen und Ingenieure gibt es bei uns viel zu tun! Bewerben Sie sich jetzt – Informationen und Einstiegsmöglichkeiten finden Sie auf der zentralen Stellenbörse unserer Webseite:

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

## Connected

150 Jahre VSETH

### Jubiläumsfeier

Mit einem fulminanten Auftakt ist der Verband der Studierenden an der ETH Zürich (VSETH) Anfang März in sein Jubiläumsjahr gestartet. Nach dem offiziellen Festakt mit Gratulationen, unter anderem von ETH-Alumnus Bundesrat Johann Schneider-Ammann und ETH-Präsident Ralph Eichler, machte sich die Festgemeinde auf zum Fackelumzug durch die Stadt. Angeführt wurde der Zug von der VSETH-Präsidentin Rahel Zoller. Ein grosses Feuerwerk bildete das Schlussbouquet. Grossen Zuspruch fand auch die Geburtstagstorte, die von den ETH-Alumni spendiert wurde.



Richard-R.-Ernst-Medaille 2012

### Sir Roger Penrose geehrt

Dem britischen Physiker und Mathematiker Sir Roger Penrose (links) wurde die diesjährige Richard-R.-Ernst-Medaille verliehen. In der gleichnamigen Vorlesung sprach der emeritierte Professor der Universität Oxford über Quantenphysik und mathematische Logik. Er legte dar, warum die klassischen Naturwissenschaften an Grenzen stossen, wenn es darum geht, unser Bewusstsein und unsere Intelligenz zu begründen. Die Richard-R.-Ernst-Medaille wird an Persönlichkeiten verliehen, die sich um Gesellschaft und Wissenschaft besonders verdient gemacht haben. Die Vorlesung wird zu Ehren des Chemie-Nobelpreisträgers Richard R. Ernst gehalten (rechts).





#### Alumni Business Events

## Bestehen in der Krise

Erneut traten an den ETH Alumni Business Events zwei erfolgreiche Wirtschaftsvertreter an der ETH Zürich auf: Ende Februar 2012 sprach Martin Senn, CEO der neu umbenannten Zurich Insurance Group, über die Erfolgsfaktoren im globalen Versicherungsgeschäft. Er zeigte auf, welche Reformen es seiner Ansicht nach braucht, damit sich die gegenwärtige Krise im EU-Raum nicht auf weitere Länder ausdehnt. Einen Monat später konnten die Alumni Valentin Vogt (Bild), VR-Präsident der Burckhardt Compression und Arbeitgeberpräsident, im ETH-Dozentenfoyer begrüßen. Vogt erklärte in seinem Referat, wie er nach einem Management Buy-out die Firma wieder auf Kurs brachte und wie sich das Unternehmen im internationalen Geschäft mit Kompressoren künftig behaupten will.



#### Spark Award

## Erfindung des Jahres 2011 gewürdigt

Der Spark Award 2012 der ETH Zürich geht an drei Forschende, die einen vielversprechenden Ansatz zur Behandlung von Diabetes Typ 2 verfolgen. Gastredner Nick Hayek, Konzernchef der Swatch-Gruppe (links), gratuliert dem ETH-Systembiologen Christian Wolfrum, der den Award entgegennahm – auch stellvertretend für die zwei weiteren Preisträger Bettina Meissburger und Erick Carreira. Der Spark Award wurde dieses Jahr neu lanciert und würdigt die beste Erfindung.

ETH-Alumnus Max Meyer

# Alles eine Schuhnummer grösser

Roland Baumann

**Max Meyer wollte immer im Ausland arbeiten. In Singapur hat er seinen Studententraum verwirklicht. Er entwickelt Ingenieurslösungen für Grossprojekte in Asien und auf der ganzen Welt.**

Metrobauten in der thailändischen Hauptstadt Bangkok und im indischen Chennai, eine Hochstrasse, die in der indischen Metropole Bangalore den Flughafen mit der Stadt verbinden wird, ein neuer Unterwassertunnel zwischen Hongkong und dem chinesischen Festland – das sind nur einige der Grossprojekte, an denen der ETH-Bauingenieur Max Meyer zurzeit arbeitet. Das bekannteste Projekt aber steht in Singapur und wurde 2010 eröffnet: Das Marina Bay Sands hat dem Zentrum ein neues Gesicht gegeben. Der Hotel- und Kasinokomplex ist das architektonische Wahrzeichen der sich rasant entwickelnden Stadt.

In Singapur ist Max Meyer seit 27 Jahren zuhause. «Ich wollte immer im Ausland arbeiten», sagt er, und zurückblickend: «Hier in Singapur konnte ich schon als junger Mann viel Verantwortung übernehmen. Brückenbau war immer mein Traum, das hätte ich in der Schweiz nicht in diesem Ausmass machen können.»

Gearbeitet hat Max Meyer seit seinem Studienabschluss 1982 für die Spezialbaufirma VSL. Die Gelegenheit, vom Firmenhauptsitz Bern in die weite Welt zu ziehen, kam nach zwei Jahren, als er für drei Monate in die neu gegründete Niederlassung nach Thailand geschickt wurde. Und dann wurde in Singapur eine Designingenieurstelle frei. Max Meyer griff zu und bald schon wurde ihm das Designteam in Singapur überantwortet. Seit 1988 ist er zuständig für das regionale technische Büro mit inzwischen rund 35 Mitarbeitenden in Singapur und je zehn in Bangkok und Chennai.

Beim Marina Bay Sands war Meyer dafür verantwortlich, dass der an ein Schiff erinnernde Sky Park auf den drei 200 Meter hohen Hotelblöcken errichtet werden konnte. Für den Bau der gewaltigen Plattform mit einer Aussichtsterrasse, Restaurants und einem 150 Meter langen Swimming Pool wurde eine Technik eingesetzt, die ursprünglich für den Brückenbau entwickelt worden war. «Bereits in den

---

**«Hier in Singapur konnte ich schon als junger Mann viel Verantwortung übernehmen.»**

Max Meyer

---

50er Jahren war VSL führend in der so genannten Vorspanntechnik, die bei Betonbauten grössere Stützweiten erlaubt», erklärt Meyer, ganz der begeisterte Ingenieur. «Beton ist schwach im Zug, was kompensiert werden kann, indem man Rohre mit Stahlkabeln einlegt. Diese werden mit hydraulischen Pressen gespannt, wenn der Beton hart ist.»

VSL begann schon früh, diese Technik auch im Hochbau einzusetzen, und verwendet ähnliche Stahlkabel und Pressen zum Heben schwerer Lasten, so auch beim Bau des Marina Bay Sands. Der 340 Meter lange und 4500 Tonnen schwere Sky Park wurde in Teilen am Boden vorfabriziert. Es wurden dann rund 2100 Tonnen temporäre Stahlstrukturen aufgebaut, die so konzipiert waren, dass die Teile per Turm-Drehkräne zusammengesetzt werden konnten. «Prinzipiell können auf solchen Stahlstrukturen beliebige Lasten in unbeschränkte Höhen gehoben werden», erläutert Meyer nicht ohne Stolz.



Max Meyer vor dem imposanten Marina Bay Sands mit dem 340 Meter langen Sky Park, der die Dächer der drei Hotelblöcke verbindet.

«Derartige Projekte sind Herausforderungen, die es in der Schweiz nicht gibt. Hier ist alles eine Schuhnummer grösser», schwärmt der ETH-Ingenieur. Auch bezüglich Bauzeit waren die Vorgaben ganz anders definiert. Zeit war im wahrsten Sinne des Sprichworts Geld: Die Bauherrschaft, ein Kasino aus Las Vegas, will im Gebäude jährlich eine Milliarde Singapur-Dollar (rund 750 Millionen Franken) Gewinn erwirtschaften, da zählte jeder Tag.

Auch die Geschäftsmöglichkeiten sind für VSL im asiatischen Raum ungleich grösser als in der Schweiz. «Wir treten als Hauptsunternehmen auf und übernehmen zum Beispiel im Brückenbau die Verantwortung für den gesamten Überbau», erklärt Meyer. Während Bauunternehmer in Europa die Arbeiten meistens selbst ausführen, konzent-

## «Derartige Projekte sind Herausforderungen, die es in der Schweiz nicht gibt.»

Max Meyer

rieren sich Hauptunternehmer in Asien oft auf das Projektmanagement. Sie vergeben Aufträge an Subunternehmer, die das eigentliche Bauprojekt auf eigene Rechnung ausführen. «Hier haben wir die Möglichkeit, grössere Pakete zu offerieren. Wir können Werte kreieren und nicht nur Komponenten liefern. Wir entwickeln Methoden und bieten technische Lösungen an», sagt Meyer. Dies erlaubt es den Ingenieuren, von Beginn an ihre Expertise einzubringen. Innovation ist der Schlüssel zum Erfolg. So hat die in der Schweiz gegründete VSL in Singapur eine zweite technische Abteilung neben jener in Bern aufgebaut. Das Know-how aus Singapur ist auch in anderen Weltgegenden gefragt, etwa für Projekte in Afrika oder Amerika. Als Group Technical Officer für VSL definiert Max Meyer seit Januar dieses Jahres die technische Entwicklung für die ganze Gruppe.

«Die Grossprojekte, die VSL umsetzt, sind aber nicht nur technisch anspruchsvoll, sondern oft auch mit grossen Risiken behaftet», betont Meyer. Entsprechend aufwendig sind die internen Auditingverfahren, in die er involviert ist. Bevor die gewaltigen Geräteinstallationen auf einer Baustelle eingesetzt werden, prüft VSL, ob alle Arbeiten adäquat vorbereitet und die Arbeiter richtig ausgebildet sind. Der Einsatz der Installationen wird dann für sechs Monate bewilligt, worauf ein neues Audit angesetzt wird. Ein solches ist auch notwendig, wenn bestehende Installa-

tionen in neuen Projekten eingesetzt werden. Denn aus Nachhaltigkeitsüberlegungen wird wo immer möglich Recycling betrieben.

Seit Jahrzehnten in Singapur zuhause und fast auf der ganzen Welt unterwegs: Wie steht es da um die Beziehungen zur Schweiz? Mit der ETH Zürich ist Meyer immer noch in regem Austausch: «Jedes Jahr kommen ein bis zwei ETH-Studierende zu uns, die nach dem Bachelor Degree ein dreimonatiges Praktikum machen.» Einzelne ETH-Professoren zieht er bei komplexen Projekten für Expertisen bei. Und er hat auch schon in Baukolloquia seiner Alma Mater Vorträge gehalten. Schliesslich bieten die Veranstaltungen der ETH Alumni in Singapur Gelegenheit, Leute zu treffen, die in der Schweiz studiert haben. Mit der Eröffnung des SEC in Singapur (vgl. S. 38) könnten sich die Kontakte zur ETH Zürich nochmals vertiefen: «Verschiedene Forschungsprojekte sind auch für uns von Interesse», meint der erfahrene Baupraktiker. «So ist Automatisierung im Bau auch für uns ein Thema. Und durch Vorspannung kann man im Hochbau die Plattenstärke reduzieren.» Diese Technik ermöglicht nicht nur mehr Stockwerke für eine vorgegebene Bauhöhe und damit höhere Verkaufseinnahmen. Sie bedeutet auch weniger Materialaufwand, das heisst neben geringeren Baukosten eine nachhaltigere Bauweise.

Die Möglichkeiten, mit dem Büro in Singapur ausserordentliche Projekte zu verwirklichen, und jeden Tag neue technische Herausforderungen zu meistern, begeistern den Ingenieur Meyer: «Ich bereue es nicht, dass ich nach Singapur gekommen bin», resümiert er das Gespräch. ■

### Zur Person

Max Meyer hat 1982 an der ETH Zürich sein Bauingenieurstudium abgeschlossen und trat bei VSL International seine erste Stelle im Projektierungsteam in Bern an. Nach zwei Jahren versetzte ihn die vorgespannten Beton weltweit führende Spezialbaufirma nach Thailand und anschliessend nach Singapur, wo er bis 1988 das lokale Design-team leitete. Nach einer weltweiten Reorganisation der Firma wurde Meyer beauftragt, in Singapur eine regionale technische Abteilung aufzubauen. Seit Beginn dieses Jahres ist er zudem Group Technical Officer und weltweit verantwortlich für die technischen Belange der VSL. Max Meyer ist Gründungs- und Vorstandsmitglied des Singapur-Chapter der ETH Alumni Vereinigung, das vor zwei Jahren gegründet wurde und rund 50 Mitglieder zählt. Er ist verheiratet und Vater zweier Kinder. Der 21-jährige Sohn studiert in Manchester Chemical Engineering, die 19-jährige Tochter wird im Herbst in St Andrews ihr Studium in Sustainable Development aufnehmen.



# The Strathclyde MBA in Zurich

## International Connections, International Accreditation

- Top 3 worldwide in Corporate Strategy (FT Global MBA Ranking 2009).
- Among the top 25 Business Schools in Europe (FT European Business School Ranking 2011).
- All top international accreditations: EQUIS, AACSB & AMBA.
- Offered in 9 international centres in the growing markets of South East Asia, the Gulf Region and in Europe.
- Study a British MBA in Zurich part-time in 2 years.
- 100% teaching done in English by Strathclyde lecturers in Zurich.
- 8,000 EMBA Alumni worldwide.



Visit our website:

[www.strathclyde-mba.ch](http://www.strathclyde-mba.ch)  
for details on information events.

Please contact us at

**Tel: +41 43 816 4471**  
Email: [info@strathclyde-mba.ch](mailto:info@strathclyde-mba.ch)

**Special Scholarships Available!**

# Scientifica<sup>12</sup>

Zürcher Wissenschaftstage

## Gesund werden – gesund bleiben

**1. und 2. September 2012**

ETH Zürich und Universität Zürich

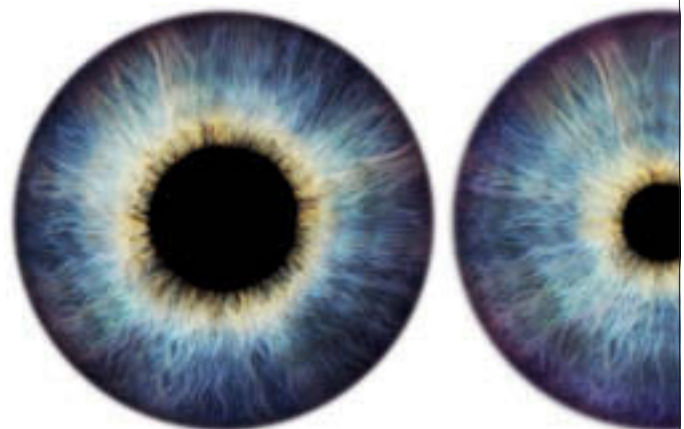
Öffnungszeiten: Samstag 13 – 20 Uhr, Sonntag 11 – 17 Uhr

Eintritt frei

Was bedeutet Gesundheit? Wie sieht die Medizin der Zukunft aus? Wie halten wir uns geistig fit?

Entdecken Sie die faszinierende Welt der Wissenschaft und gewinnen Sie einen Einblick in die aktuelle Forschung rund um das Thema Gesundheit.

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



## Anno



Internetpionier Bernhard Plattner mit einem IMP (Interface Message Processor). IMPs waren die Router des Vorgängernetzwerks ARPANET. Das Bild wurde 2004 im Computer History Museum in Mountain View, Kalifornien, aufgenommen.

1987

## Eine Länderdomain für die Schweiz

Alice Werner

**Unsere Welt der Hochleistungsnetze und Multi-mediatechnik lässt sich ohne das Internet nicht denken. Vor 25 Jahren, am 20. Mai 1987, wurde «.ch» offiziell als Schweizer Länderdomain registriert. Den Antrag stellte Bernhard Plattner, Internetpionier und Professor für Technische Informatik an der ETH.**

Schon immer haben sich Menschen miteinander verständigt. Etwa 3500 v. Chr. entwickelten die nahöstlichen Hochkulturen Ägyptens, Mesopotamiens, Syriens, Persiens und Kleinasiens eine erste Schrift und investierten in Städte- und Strassenbau. Schiffe ermöglichten den Herrscherdynastien eine neue Dimension der Fortbewegung und damit den Austausch von Gütern und Informationen über weite Strecken. Dies sind die ersten nachweisbaren Kommunikationsformen über das unmittelbare zeitliche und räumliche Umfeld einzelner Personen hinaus.

Über die Jahrtausende ist das menschliche Bedürfnis nach Austausch gleich geblieben – verändert haben sich nur die technischen Möglichkeiten. So ist die Geschichte der Kommunikation auch eine Geschichte des technologischen Fortschritts. Eine Geschichte, die von innovativen

Unternehmern und von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern geschrieben wird. Denn die Wissenschaft lebt vom Dialog, von der Kommunikation zwischen Forschenden, zwischen Dozenten und Studenten, zwischen Universitäten und Forschungsstätten, zwischen Hochschulen und Gesellschaft. So verwundert es nicht, dass die ersten Versuche auf dem Weg zum heutigen Internet, einer Kommunikationsplattform für Firmen und Privatpersonen, zunächst nur dem interuniversitären Austausch dienen sollten. 1969 ist das Geburtsjahr dieser revolutionären Technologie: Im Mai schliessen Wissenschaftler der Universitäten Los Angeles und Stanford die ersten zwei Computer zu einem Netzwerk, genannt ARPANET, zusammen, im Herbst kommen noch je ein Rechner der Hochschulen Santa Barbara und Utah dazu.

### Geburt eines neuen Kommunikationsmittels

«Von einem Internet, wie wir es heute kennen, darf man zu diesem Zeitpunkt aber noch nicht sprechen», erklärt Bernhard Plattner, seit 1985 an der ETH und heute Professor für Technische Informatik am Departement für Informationstechnologie und Elektrotechnik. In der Geschichte des Schweizer Internets kommt dem gebürtigen Berner eine Pionierrolle zu. Die Idee des Internets, sagt er, mache ja

gerade aus, dass sich Netze verschiedener Technologien miteinander verbinden liessen. Dies sei amerikanischen Informatikern erst einige Jahre später, 1973, gelungen.

Bernhard Plattner erinnert sich, wie begeistert er während seines Studiums und dann vor allem während des Doktorats die Fortschritte auf dem Fachgebiet der Informatik verfolgte. 1980, als Dozent am Neu-Technikum Buchs, kommt er erstmals in Kontakt mit seinem heutigen Fachgebiet, der rechnergestützten Kommunikation, und entwickelt für die Schule ein lokales Netz für Computerkommunikation. «Das Internet», sagt er, «war ja von Beginn an Forschungsobjekt und Forschungsmittel zugleich.» 1984 tritt er eine Stelle als Oberassistent an der Universität Zürich an und erhält den Auftrag, ein System für elektronische Post einzurichten: Zürcher Forscher sollen sich in Zukunft per E-Mail austauschen können. So entsteht, in Zusammenarbeit mit Kollegen der ETH und anderer Schweizer Universitäten, der Vorläufer des künftigen Schweizer Forschungs- und Hochschulnetzes, das Pilotnetz CHUNET (Schweizer Universitätsnetz), das vorerst zwei Dienste anbietet: Meldungsübermittlung und einen Verzeichnisdienst.

### «.ch» wird Code der Schweiz

Ende der 1980er-Jahre, im Zuge einer internationalen Standardisierungsbewegung, verbreiten sich in der wachsenden Internetgemeinde erstmals sogenannte ccTLD, Country Code Top-Level-Domains. Gemeint ist der Standard, jedem Land als geografische Identifikation einen Zwei-Buchstaben-Code in der Internetadressierung zuzuordnen. 1987 sind weltweit etwa 27000 Computer ans Netz angeschlossen und nutzen Dienste wie E-Mail, Telnet und FTP. In der Schweiz wird vom Bund und von den Universitäten die Stiftung Switch gegründet, um Teleinformatikdienste für Lehre und Forschung aufzubauen.

Der Internetspezialist Plattner ist mittlerweile Assistenzprofessor an der ETH und konzentriert sich ganz auf die Erforschung von Meldungsübermittlungssystemen. «Als wir damals erkannten, dass sich die länderspezifischen TLD-Bezeichnungen international durchsetzen, beschlosssen wir auf eigene Faust, für die Schweiz die Länderdomain «.ch» zu belegen.» Zusammen mit seinem damaligen Doktoranden Hannes Lubich, heute Professor an der Fachhochschule Nordwestschweiz, wendet sich Bernhard Plattner im Mai 1987 an die zuständige Institution in den USA, die Internet Assigned Numbers Authority (IANA), die als eine der Autoritäten im Internet für die Registrierung von IP-Adressen und die Zuordnung von Nummern und Namen zuständig ist. «Wir schrieben John Postel, dem Gründer der

IANA, eine E-Mail und gaben uns als Vertreter der Schweizer Internetgemeinde und zuständige Fachpersonen für die universitären Netzwerke aus», erinnert sich Plattner. Der amerikanische Internet-Wegbereiter antwortet umgehend, er habe die Internetdomain auf die beiden Schweizer Wissenschaftler übertragen. Am 20. Mai 1987 wird der ccTLD «.ch» registriert. Als Plattner im Oktober 1987 vorübergehend Geschäftsleiter der Stiftung Switch wird, geht das Anrecht auf die Landes-Adressendung an die Non-Profit-Organisation – der Grundstein für die heutige Registrierung von «.ch»-Domainnamen. Die ersten drei Schweizer Internetadressen, die in der Folge eingetragen werden, lauten switch.ch, cern.ch – und ethz.ch.

Den grossen Durchbruch schafft das Internet erst Anfang der 1990er-Jahre, nachdem Tim Berners-Lee 1989 am Europäischen Kernforschungszentrum CERN in Genf das WWW entwickelt hatte und 1993 der erste massentaugliche Webbrowser «Mosaic» an den Start ging. Damit öffnet sich das Web auch für kommerzielle Nutzungen, eine Entwicklung, die schliesslich zur Boomphase in der zweiten Hälfte der 1990er-Jahre führt.

Nie hätte Bernhard Plattner gedacht, dass das Internet für die breite Öffentlichkeit einmal so wichtig wird. Noch weniger aber hat er mit der organisierten Kriminalität im Netz gerechnet. Kein Wunder: Denn die grundlegenden technischen Mechanismen des Internet beruhen auf dem Konzept des Vertrauens. «Dass ich Ihnen eine Nachricht getarnt als ETH-Präsident Ralph Eichler schicken könnte, daran hat bei der Erfindung des Internets niemand gedacht.» ■



Die Mitarbeitenden der Geschäftsstelle von SWITCH Ende 1988: (v. l. n. r.) Peter Gilli, Thomas Lenggenhager, Simon Poole, Franziska Remund, Urs Eppenberger und Thomas Brunner.

## Alumni life



Die Golden Gate Bridge in San Francisco folgt im Wesentlichen dem Entwurf des Brückenarchitekten und ETH-Bauingenieurs Othmar Ammann, der bereits die George Washington Bridge über den Hudson River in New York entworfen und gebaut hatte.

### US Chapters

# Mit Begeisterung für die ETH

*Felix Würsten*

**Boston, San Francisco und bald auch New York – an diesen drei wichtigen Standorten ist die ETH Alumni Vereinigung heute mit eigenen Chapters vertreten. Das Beispiel zeigt: Der Austausch zwischen der ETH Zürich und ihren Absolventinnen und Absolventen im Ausland gewinnt zunehmend an Dynamik.**

Die USA gehören zweifellos zu den wichtigsten Partnerländern der ETH Zürich. Zahlreiche Forschergruppen aus Zürich pflegen Kontakte mit anderen Gruppen an amerikanischen Hochschulen, und bei jungen Forschenden gelten die USA nach wie vor als Topdestination, um ein Doktorat oder ein Postdoc zu absolvieren. Und umgekehrt gelingt es der ETH Zürich auch immer wieder, talentierte Studierende und Professoren aus den USA nach Zürich zu holen. Vor diesem Hintergrund liegt es auf der Hand, dass die USA auch für die ETH Alumni Vereinigung eine wichtige Destination ist, die es mit eigenen Alumni-Gruppen zu pflegen gilt.

### An beiden Küsten vertreten

In den letzten Jahren gelang es, in diesem wichtigen Zielland gleich an mehreren Standorten neue Alumni Chapters aufzubauen: 2010 wurde in Boston das New England Chapter gegründet; bereits ein Jahr später folgte das Bay Area Chapter in San Francisco. Beide Chapters haben inzwischen je 80 bis 100 aktive Mitglieder. Läuft alles nach Plan, wird zudem Ende Oktober 2012 in New York die dritte neue Alum-

ni-Vertretung in den USA ins Leben gerufen. «Im Moment gibt es viele Alumni-Aktivitäten in den USA», erklärt Daniel Schaufelberger. «Unsere Mitglieder sind mit Begeisterung bei der Sache und wir haben einen guten Mix zwischen jungen und älteren Absolventinnen und Absolventen.»

Daniel Schaufelberger, der ursprünglich an der ETH Pharmazie studierte und seit 1996 in den USA lebt, war an der Gründung der bisherigen Chapters

### Bauingenieure gesucht!

Seit Herbst 2011 ist die Fachgruppe AIV Alumni Teil der ETH Alumni Vereinigung. Sie verbindet Absolventinnen und Absolventen des Bauingenieurstudiums am Departement Bau, Umwelt und Geomatik (D-BAUG) der ETH Zürich, unabhängig von ihrem Abschlussjahr und ihrer Mitgliedschaft in einer anderen Alumni-Gruppe, und will den Kontakt sowohl unter den Ehemaligen als auch zwischen den Studierenden und den Alumni fördern.

Mitglieder der Fachgruppe AIV Alumni sind automatisch auch Mitglieder von ETH Alumni und profitieren damit auch vollumfänglich vom

Leistungsangebot des Dachverbands. Die AIV-Fachgruppe bietet ihren Mitgliedern ein abwechslungsreiches Angebot, das in der Regel auch den Studierenden offensteht. Dazu gehören Fachvorträge, gesellschaftliche Anlässe oder interessante Exkursionen. Alle Bauingenieure und Bauingenieurinnen sind herzlich eingeladen, der neuen Alumni-Gruppierung beizutreten. Anmeldungen an [info@alumni.ethz.ch](mailto:info@alumni.ethz.ch). Weitere Informationen finden sich auf:

[www.alumni.ethz.ch/association/topic\\_groups/AIV](http://www.alumni.ethz.ch/association/topic_groups/AIV) →



massgeblich beteiligt – ein Engagement, in das er viel Herzblut steckt: «Als ich hier in den USA das Schulgeld für das College meiner Kinder bezahlen musste, wurde mir bewusst, wie wertvoll die Ausbildung ist, die ich an der ETH Zürich erhalten habe. Mit meinem Einsatz möchte ich mich bei der Hochschule für diese gute Ausbildung bedanken und ihr etwas zurückgeben.»

### **Vielfältige Kooperationen**

Eine Alumni-Vertretung in den USA gibt es an sich bereits seit längerer Zeit. Doch in den letzten Jahren zeigte sich zunehmend, dass eine einzige Landesgruppe, die sowohl die Alumni der ETH Zürich als auch diejenigen der EPF Lausanne vertritt, den heutigen Anforderungen an eine moderne Alumni-Organisation nicht mehr genügen kann.

«Es braucht einen klaren Bezug zu einer Heimuniversität», ist Schaufelberger überzeugt. «Aber als Chapter der ETH Zürich sind wir natürlich zu klein, um genügend Teilnehmerinnen und Teilnehmer für unsere Anlässe zu finden. Deshalb arbeiten wir eng mit anderen Alumni-Gruppen zusammen, etwa mit den Ehemaligen des MIT oder mit den Alumni der EPF Lausanne, die kürzlich in New York ebenfalls eine eigene Gruppe gegründet haben.»

### **Unterschiedliche Bedürfnisse**

Von grosser Bedeutung für den Erfolg der neuen Chapters ist auch die Zusammenarbeit mit den Auslandvertretungen der Schweiz, etwa dem Generalkonsulat in New York und den Swissnex-Vertretungen in Boston und San Francisco.

Die Unterteilung in lokale Chapters habe sich bewährt, stellt Schaufelberger fest. «Die Bedürfnisse an den diversen Standorten sind verschieden. In der Bay Area leben eher Alumni, die im IT-

Bereich tätig sind, während wir in Boston doch einige Mitglieder haben, die am MIT oder an der Harvard University ein Doktorat oder ein Postdoc im Bereich Biotechnologie absolvieren.»

Die Mentalitätsunterschiede an den beiden Küsten widerspiegeln sich auch in den Aktivitäten der beiden Gruppen: Während im Bay Area Chapter neben dem fachlichen Austausch auch der gesellige Aspekt wichtig ist und sich die Alumni dort zwischendurch zu Outdoor-Aktivitäten oder Skiweekends treffen, stehen an der Ostküste eher akademisch orientierte Veranstaltungen im Vordergrund: «Wir konnten schon mehrmals ETH-Professoren, die in den USA ein Sabbatical absolvieren oder einen Kongress besuchen, für einen Vortrag oder eine Paneldiskussion gewinnen», erzählt Schaufelberger.

### **Weitere Gruppen geplant**

Mit den drei neuen Chapters sei das Potenzial in den USA noch nicht ausgeschöpft, ist er überzeugt. In seiner neuen Rolle als Head North America Relations wird er künftig nicht nur den Austausch unter den bestehenden Chapters fördern, sondern auch nach Alumni Ausschau halten, die sich an weiteren Standorten am Aufbau einer Gruppierung beteiligen wollen. «Unser Ziel ist einerseits, die Alumni in den USA zu vernetzen. Andererseits wollen wir auch die ETH aktiv unterstützen, beispielsweise indem wir als Ambassadoren helfen, talentierte Studierende für unsere Alma Mater zu gewinnen.» ■

<https://sites.google.com/site/ethalumniec/> →

<http://www.ethalumnisf.org/> →



**Grusswort des Präsidenten**

## **Liebe ETH-Alumni**

Das ETH-Alumni-Netzwerk entwickelt sich laufend weiter. Das zeigt sich deutlich beim erfreulichen Zuwachs an Mitgliedern und den Neugründungen von internationalen Chapters. In der Schweiz tragen die vielen Vereine, Gruppen und Clubs zu einer aktiven Alumnigeinschaft bei. Dieses Engagement bedeutet eine grosse Freiwilligenarbeit, für die ich mich im Namen aller Alumni herzlich bedanke.

Auch die Dachorganisation entwickelt sich weiter: An der letzten Delegiertenversammlung wurde intensiv über die Finanzierung und die Vereinsstruktur diskutiert, ein Thema, das uns weiter beschäftigen wird.

Unser Netzwerk steht allen ETH-Alumni offen. Nutzen Sie es – und bleiben Sie so mit der ETH Zürich verbunden. Alle Infos dazu finden Sie unter [www.ethalumni.ch](http://www.ethalumni.ch)

Dr. Eduard M. Brunner  
Präsident ETH Alumni Vereinigung

**job<sup>up</sup>date**

Stellenangebote für Absolventinnen und Absolventen der ETH Zürich

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

## Alumni life

# Agenda

## Ausstellungen

### Quer durchs Grönlandeis – 100 Jahre Schweizer Grönlandforschung

Im Jahr 1912 überquerte ein Team von vier Schweizern das grönländische Inlandeis auf einer ca. 700 km langen Strecke – eine auch aus heutiger Sicht aussergewöhnliche Pionierleistung.

14. Juni–21. Oktober 2012  
FocusTerra, Sonneggstrasse 5, Zürich  
[www.focusterra.ethz.ch](http://www.focusterra.ethz.ch) →

### Für Sie – in grosser Verehrung – Max Frisch

Werke mit Widmungen von und an Max Frisch

Bis 31. August 2012  
ETH-Hauptgebäude, H26  
(Lesesaal der Spezialsammlungen)

## Konzerte

### Alumni Sinfonieorchester

Herbstkonzerte 2012

*Modest Mussorgsky*

### Eine Nacht auf dem kahlen Berge

*Robert Schumann*

### Konzertstück für vier Hörner, F-Dur, Op. 86

*Richard Strauss*

### Also sprach Zarathustra, Op. 30

9. September 2012, 16 Uhr  
Eventzelt Rigi, Staffel

18. September 2012, 19.30 Uhr  
Tonhalle Zürich, Grosser Saal  
[www.alumniorchester.ch](http://www.alumniorchester.ch) →



Die Sonderausstellung in focusTerra zeigt, unter welchen Bedingungen die Schweizer Expedition vor 100 Jahren den grönländischen Eisschild überquerte.

## Alumni Business Events

**Albert M. Baehny**  
VR-Präsident Geberit Gruppe  
18. September 2012

**Dr. David W. Syz**  
VR-Präsident Huber+Suhner  
20. November 2012

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

Anmelden unter:  
[www.alumni.ethz.ch/events/business\\_events/anmeldung](http://www.alumni.ethz.ch/events/business_events/anmeldung) →

## Alumni Events

**Literaturbrunch**  
Lesung mit Urs Widmer

23. September 2012  
ETH-Hauptgebäude, Dozentenfoyer

### Alumniball 2012

Bereits zum 7. Mal findet der traditionelle Alumniball statt – dieses Jahr unter dem Motto «007»

6. Oktober 2012, ab 18 Uhr  
Dolder Grand Hotel in Zürich

Weiterführende Informationen unter:  
[www.alumni.ethz.ch/events](http://www.alumni.ethz.ch/events) →

## Scientifica 2012

### Gesund werden – gesund bleiben

Nach der erfolgreichen Premiere im Vorjahr öffnen die ETH Zürich und die Universität Zürich auch dieses Jahr wieder ihre Türen. Unter dem Motto «Gesund werden – gesund bleiben» dreht sich an der «Scientifica» dieses Jahr alles um das Thema Gesundheit. Was bedeutet Gesundheit? Wie sieht die Medizin der Zukunft aus? Was ist uns Gesundheit wert? Wie halten wir uns geistig fit? Zu diesen und anderen Fragen werden Forschende von Universität und ETH an Ausstellungsständen anschauliche Projekte präsentieren oder Kurzvorlesungen halten. Podiumsdiskussionen und Gespräche laden zum Zuhören und Mitreden ein.

1.–2. September 2012  
ETH Zürich und Universität Zürich,  
Standort Zentrum

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

### Alumni Homecoming Day

Spezialanlass für Alumni der ETH Zürich im Rahmen der Scientifica

1. September 2012  
ETH-Hauptgebäude

# 130'000 to kick your startup

**Explore the business potential of your technology**

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

**Get your kick: [www.venturekick.ch](http://www.venturekick.ch)**

venture kick is a fully private initiative supported by:

— GEBERT RÜF STIFTUNG —  
WISSENSCHAFT. BEWEGEN

ERNST GÖHNER STIFTUNG

OPO STIFTUNG

AVINA STIFTUNG

FONDATION1796  
FOUNDED BY ERNST GÖHNER

# *Finanzmanagement für Fortgeschrittene*



**pwc**

Die Vermittlung zukunftsorientierter Daten zum einen, die Mitgestaltung strategischer Entscheide zum andern – die Anforderungen an den CFO sind höher denn je. Die Berichterstattung an interne Stellen und externe Stakeholders erfordert eine effiziente Organisation des Finanzwesens. PwC erarbeitet mit Ihnen die Grundlagen, damit Ihr Unternehmen die Ansprüche des Kapitalmarkts auch morgen erfüllt.