

# ETH GLOBE

Das Magazin der ETH Zürich, Nr. 1/März 2009

## Astronomie 2009

Mit neuester Technik

- dem Urknall auf die Spur kommen
- den Klängen des Universums lauschen
- die Geburt neuer Planeten beobachten

**ETH**

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

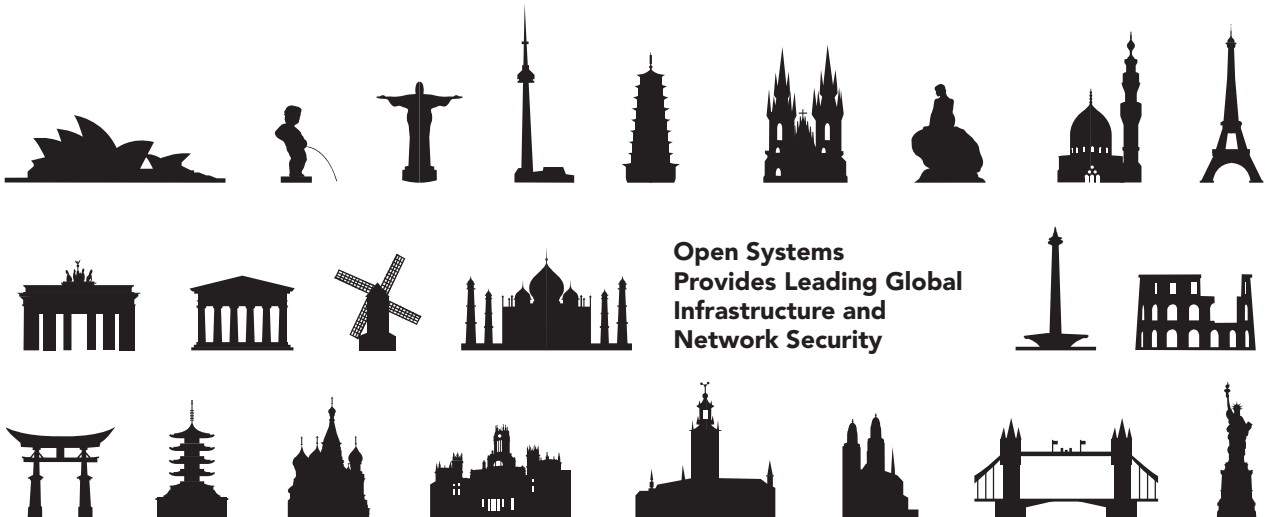
# Security Intelligence Wanted: Security Service Engineer

## Einstieg mit Senkrechtstart

- Trainee Programm mit erprobtem Ausbildungskonzept
- Zertifizierung zum Sicherheitsexperten mit globaler, operativer Verantwortung
- Fundierter Einblick in unterschiedlichste multinational operierende Unternehmen
- Entwicklungspotential in Technologie-, Budget- und Kundenverantwortung
- Auslanderfahrung auf kurzen oder auch längeren Einsätzen
- Unkonventionelle, dynamische Firmenkultur

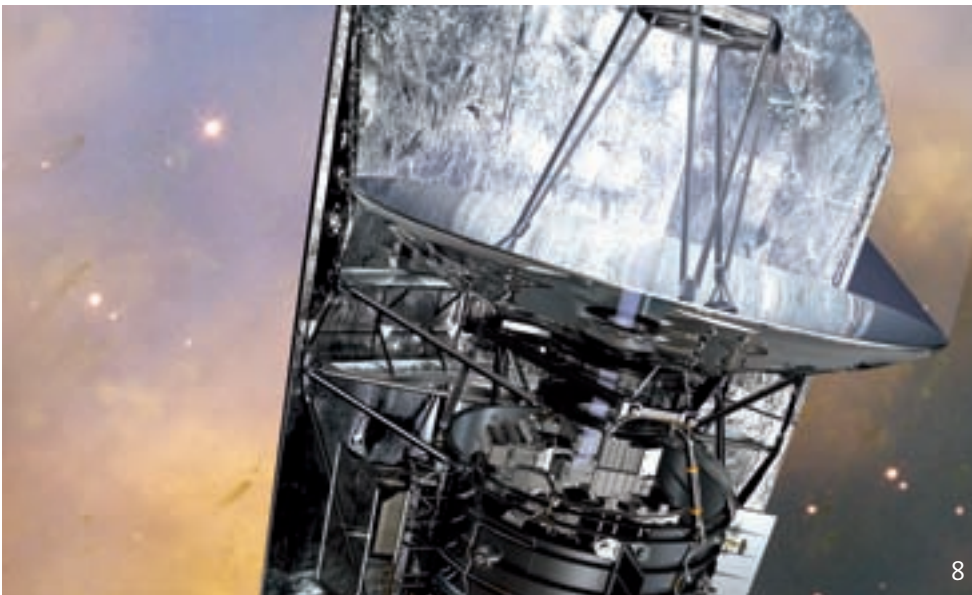
## Sie bringen mit

- Ihren ETH Abschluss



open systems ag  
räffelstrasse 29  
ch-8045 zürich  
+41 44 455 74 00  
www.open.ch

[www.open.ch/jobs](http://www.open.ch/jobs)



## Inhalt

- 5 **ETH Persönlich**
- 6 **ETH Brennpunkt**  
Warum Astronomie?
- 8 **Dossier Astronomie**
  - 8 Geschichte des Teleskops
  - 14 Die Entwicklung des Universums
  - 16 Forschung konkret: Sechs Projekte Astronomie
  - 26 ESO: Die europäischen Tore zum Universum
  - 30 Direkt: Zwei Generationen Astronomie
  - 34 Ausstellung: Astronomie an der ETH entdecken
- 36 **ETH Projekte Generation Nachhaltigkeit**
- 38 **ETH Porträt Der Maschinenkünstler**
- 40 **ETH Partner**
  - 40 ETH Alumni: Erneutes Wiedersehen an der ETH Zürich
  - 42 ETH Foundation: «Das Bildungssystem Schweiz darf nicht an Boden verlieren.»
- 44 **ETH Input**
  - 44 Medien
  - 45 Treffpunkt
  - 46 Nachgefragt

**IMPRESSUM:** Herausgeber: ETH Zürich. Redaktion: Corporate Communications, Martina Märki. Mitarbeit: Beat Grossrieder, Peter Rüegg, Niklaus Salzmann, Samuel Schläfli, Simone Ulmer, Felix Würsten. Cover: Centaurus A, ESO. Fotos: Jürg Waldmeier. Inserate: Go! Uni-Werbung, St. Gallen, Tel. 071 244 10 10, E-Mail info@go-uni.com. Gestaltung: Crafft Kommunikation AG, Zürich. Korrektorat und Druck: Neidhart + Schön Group. Auflage: 32.000, erscheint viermal jährlich. Weitere Infos und Kontakt: www.cc.ethz.ch/ethglobe, E-Mail: ethglobe@cc.ethz.ch, Tel. 044 632 42 52.  
ISSN 1661-9323



# Management

## WIR SUCHEN: MANAGEMENT- NACHWUCHS

### REGIONALVERKAUFSLEITER/IN

Starten Sie Ihre Management-Karriere bei ALDI SUISSE, der neuen erfolgreichen Marke im Schweizer Detailhandel

#### Ihr Profil:

- Überdurchschnittlicher Abschluss an einer Universität oder Fachhochschule
- Hohe Einsatzbereitschaft
- Überzeugungskraft und Durchsetzungsvermögen
- Ausgeprägte Kommunikationsfähigkeit
- Hohes Mass an sozialer Kompetenz
- Gute Kenntnisse der französischen oder italienischen Sprache von Vorteil

#### Ihre Aufgabe:

- Leitung eines Verkaufsbereichs mit der Verantwortung für mehrere Filialen und bis zu 70 Mitarbeiter
- Verantwortung für die Entwicklung der Filialen und Mitarbeiter sowie für die Planung, Organisation und Kontrolle in Ihrem Bereich

#### Unser Angebot:

- Praxisnahes Traineeprogramm als Vorbereitung auf Ihre Führungsaufgabe im In- und Ausland
- Ausgezeichnete Karrieremöglichkeiten im In- und Ausland
- Mitarbeit beim Aufbau eines jungen Unternehmens in einem motivierenden Umfeld
- Überdurchschnittlich hohes Gehalt ab Beginn
- Neutraler Firmenwagen, auch zur privaten Nutzung

#### SCHREIBEN SIE MIT UNS GESCHICHTE!

Senden Sie uns Ihre vollständige Bewerbung mit Lebenslauf, Foto sowie den Schulabschluss- und Arbeitszeugnissen an:

#### ALDI SUISSE AG

Zweigniederlassung Embrach,  
Verwaltungsgebäude H, Postfach 149,  
8423 Embrach-Embraport

#### ALDI SUISSE AG

Zweigniederlassung Dagmersellen,  
Industriestrasse 17,  
6252 Dagmersellen

#### ALDI SUISSE AG

Succursale de Domdidier,  
Route de l'Industrie 93,  
Case Postale 153, 1564 Domdidier



[www.aldi-suisse.ch](http://www.aldi-suisse.ch)



o1\_ Thomas Amrein (Mitte)  
mit Renato Amado und Felix Escher  
o2\_ Sabine Werner  
o3\_ Victoria von Zedtwitz-Nikulshina



## Kluge Köpfe

### o1\_Lebensmittelgift auf der Spur

Thomas Amrein, ehemaliger Doktorand des Instituts für Lebensmittelwissenschaften und Ernährung (ILW) der ETH Zürich, erforschte im Auftrag des Bundes und der Lebensmittelindustrie, wie Acrylamid in Backwaren und Kartoffeln entstehen kann und welche Verfahren verhindern, dass sich dieser potenziell krebserregende Stoff ausbilden kann. Acrylamid wurde in verschiedenen Lebensmitteln, insbesondere in stärkehaltigen und stark erhitzten Produkten wie etwa Pommes frites, nachgewiesen. Für seine Studien erhielt der Lebensmittelwissenschaftler den renommierten Werder-Preis 2008 mit einem Preisgeld von 10 000 Franken.

Der 33-jährige Amrein studierte an der ETH Zürich Lebensmittelingenieur und schloss sein Studium 2001 als Jahrgangsbester ab, wofür er damals den Willi-Studer-Preis erhielt. Im Herbst 2002 begann er seine Doktorarbeit. Für diese wurde er nach dem Abschluss 2005 mit der ETH-Silbermedaille ausgezeichnet. Amrein ist denn auch der jüngste Forscher, der je den Werder-Preis erhielt. Mit seiner Arbeit über Acrylamid konnte der talentierte Jungforscher aufzeigen, dass unter anderem die Lagerung der Kartoffeln und die Wahl des Backtreibmittels dafür verantwortlich sind, wie viel Acrylamid beim Kochen entsteht.

Acrylamid sorgte im Frühjahr 2002 für Schlagzeilen, als bekannt wurde, dass frittierte Kartoffeln hohe Werte des Stoffes enthalten. Daraufhin schlossen das ILW und die Föderation der schweizerischen Nahrungsmittel-Industrien (fia) eine Vereinbarung ab, um dem Phänomen wissenschaftlich auf den Grund zu gehen. //

### o2\_Auszeichnung für Wundheilerin

Sabine Werner, Professorin für Zellbiologie, erhielt kürzlich den mit 50 000 Franken dotierten Cloëtta-Preis 2008. Die Auszeichnung stammt von der gleichnamigen Stiftung, die seit 1974 innovative Forschungen auf dem Gebiet der Medizin fördert. Sabine Werner erhält den Preis für ihre Studien im Bereich der Geweberegeneration, mit der sie sich seit Beginn der 90er-Jahre intensiv beschäftigt. Die ETH-Professorin gehöre heute «zu den führenden Forscherinnen und Forschern auf dem Gebiet der Wundheilung», wie die Cloëtta-Stiftung in ihrer Laudatio festhält.

So zeigte Sabine Werner mit ihrer Forschung beispielsweise auf, wie Hautzellen auf UVB-Strahlung reagieren und welche molekularen Abläufe damit verbunden sind. Wer zu lange an der Sonne sitzt, riskiert einen Sonnenbrand – die Haut rötet sich und schmerzt. Diese Prozesse sind unter anderem ein zentraler Forschungsgegenstand in der Abteilung von Sabine Werner, die ihre neuen Erkenntnisse auch in der Fachzeitschrift «Cell» veröffentlichten konnte. Dabei zeigt sie auf, wie die Zelle lernt, mit Sonnenbrand und anderem Stress umzugehen.

Sabine Werner studierte in Tübingen und München. Sie promovierte 1989 am Max-Planck-Institut für Biochemie in Martinsried. Nach einem zweijährigen Aufenthalt an der University of California in San Francisco, wo sie an ihren ersten Forschungen über Wachstumsfaktoren in der Regeneration von geschädigtem Gewebe arbeitete, kehrte sie 1993 als Gruppenleiterin ans Max-Planck-Institut zurück. Seit 1999 ist sie ordentliche Professorin für Zellbiologie an der ETH Zürich. //

### o3\_Jungtalent mit Praxisbezug

Sie ist 27-jährig, hat soeben ihre Dissertation abgeschlossen und kann bereits auf Auszeichnungen und Erfolge zurückblicken: Victoria von Zedtwitz-Nikulshina, eine junge Maschinenbau-Ingenieurin, die bei Aldo Steinfeld, Professor am Institut für Energietechnik der ETH, doktoriert hat. In ihrer Doktorarbeit hat sie einen Solarreaktor entwickelt, der es möglich macht, CO<sub>2</sub> aus durchströmender Umgebungsluft chemisch zu binden und anschliessend konzentriert wieder abzugeben, damit das Gas gespeichert werden kann. Für diese Innovation erreichte sie beim Shell She Study Award 2008, einem Preis speziell zur Förderung weiblicher, akademischer Nachwuchstalente, einen Platz in der Finalrunde.

Mit ihrer Erfindung zur Reduktion von CO<sub>2</sub> greift die Jungforscherin ein Thema auf, das einen starken Bezug zur Praxis aufweist. Denn in den vergangenen Jahren haben es sich zahlreiche politische Initiativen zum Ziel gesetzt, den CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Erdatmosphäre zu reduzieren, wobei immer deutlicher wird, dass die Freisetzung dieses schädlichen Gases mit herkömmlichen Mitteln nicht rasch genug abgebremst werden kann. Deshalb muss auch versucht werden, CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre zu entfernen, um den Stoff einlagern zu können, etwa in unterirdischen Speichern. Victoria von Zedtwitz-Nikulshina hat dazu einen Solarreaktor konzipiert, gebaut und erprobt, der ohne grossen technischen und logistischen Aufwand diese Aufgabe bewältigen kann. //

## Newsticker

### → Siemens finanziert neuen Lehrstuhl

Die ETH Zürich und die Siemens Schweiz AG verstärken ihre Lehr- und Forschungsaktivitäten im Bereich «Nachhaltiges Bauen». Hierzu unterzeichneten beide Partner am 26. Januar 2009 eine Vereinbarung über die neue Professur «Sustainable Building Technologies» an der ETH Zürich. Der Umfang der Siemens-Donation beträgt 5 Millionen Franken. Mit intelligenten Automationssystemen verringert Siemens die Betriebskosten von Gebäuden und optimiert gleichzeitig ihren Betrieb. Mit der zusätzlichen Professur «Sustainable Building Technologies», die als Assistenzprofessur angelegt ist, wird die Zusammenarbeit zwischen der ETH Zürich und Siemens verstärkt und die Lehr- und Forschungstätigkeit im Bereich «Nachhaltiges Bauen» ausgeweitet. Durch diese Förderung kann die ETH Zürich Forschung und Lehre im Bereich «Nachhaltigkeit und Energie» ausbauen. Ein Teil der Donation investieren beide Partner in gemeinsame Forschungsprojekte.

### → «Society in Science»

Das Stipendienprogramm «Society in Science» ist fünf Jahre alt. Das an der ETH domizilierte Stipendium fördert junge Spitzenforschende an der Nahtstelle von Natur- und Sozialwissenschaften. In seinen ersten fünf Jahren hat es eine eindruckliche Dynamik entfaltet. Möglich gemacht hat das Branco Weiss, Unternehmer und grosser ETH-Mäzen. Wissenschaftliche Qualität ist eine Grundvoraussetzung. Abgesehen davon ist bei diesem grosszügigen, weltweit ausgeschriebenen und in der Regel über fünf Jahre laufenden Stipendium vieles anders als bei anderen Förderinstrumenten: Mäzen Branco Weiss wünschte sich «konstruktive Rebellen» mit dem Talent und dem Bedürfnis, Naturwissenschaft, Kultur und Gesellschaft zu integrieren. Inzwischen ist eine beeindruckende Vielfalt von Projekten entstanden, erarbeitet von insgesamt rund 20 talentierten Forschenden aus Europa, Amerika und Asien.

# Warum Astronomie?

Seit Urzeiten blicken die Menschen zu den Sternen. Heute können die Astronomen dank neuester Technik fast bis zum Urknall zurückschauen. Simon Lilly, Professor für Astronomie an der ETH Zürich, erklärt, was die Forschung in Zukunft bewegen wird.

Text: Simon Lilly

Vor einigen Jahren wurde ich gefragt, ob ich Interesse daran hätte, an der Erstellung der «Roadmap for Swiss Astronomy 2007–2016» mitzuarbeiten – einem Zehnjahresplan für die kontinuierliche Weiterentwicklung der Astrophysik in der Schweiz. Eine solche Planung war noch nie zuvor unternommen worden. Der Abschlussbericht war von allen 21 ausgewählten Professoren für Astronomie von Schweizer Universitäten und drei unabhängigen Instituten (IRSOL, ISSI und PMOD/WRC) unterzeichnet und 2007 dem Staatssekretär für Bildung und Forschung vorgelegt worden. Die Roadmap beruhte auf den folgenden Notwendigkeiten:

- Planung effizient eingesetzter Ausgaben für Forschungsprojekte mit langer Laufzeit und hohen Kosten.
- Feststellung unserer nationalen Prioritäten für die zukünftige Ausrichtung der europäischen Organisationen ESO (Europäische Südsternwarte) und ESA (Europäische Weltraumorganisation).
- Bereitstellung eines einheitlichen Schweizer Beitrags zur europaweiten Zukunftsvision für die Astrophysik.
- Landesweite Koordination der Aktivitäten auf den Gebieten Ausbildung und Forschung.
- Bereitstellung von Informationen über die Astrophysik in der Schweiz für Kollegen an Hochschulen, die Regierung und die Medien.

Die Astronomie erlebt gerade ein goldenes Zeitalter. Jedes Jahr werden wir Zeugen bedeutender neuer Entwicklungen. Unsere Bemühungen und Erfolge werden sowohl bei uns als auch im Ausland von einer breiten Öffentlichkeit genauestens mitverfolgt. Die Astronomie nimmt im öffentlichen Interesse eine einzigartige Stellung ein, und das trotz

ihrer im Wortsinn deutlichen Entfernung vom Alltäglichen unseres Daseins und den recht begrenzten Möglichkeiten einer kommerziellen Verwertung.

Als unsere Gruppe von 24 Professoren und Direktoren mit der Arbeit an der Roadmap begann, stellten wir uns die grundlegende Frage: Warum Astronomie? Warum beschäftigen wir uns damit? Warum glauben wir, dass dieses Fachgebiet mehr öffentliche Unterstützung bekommen sollte? Wir stellten fest, dass wir alle an der Beantwortung von vier grossen Fragen interessiert sind, die auch die intellektuelle Neugier der Menschen stark anspricht. Natürlich produziert die Astronomie manchmal unerwartete technische Spin-offs, und wir leisten durch unseren Physikunterricht und hochspezialisierte Kurse auch unseren Beitrag zur Ausbildung einer Vielzahl zukünftiger Wissenschaftler und Techniker. Doch tief im Innern sind es die Grundfragen der Astronomie, die sowohl uns als auch die breite Öffentlichkeit wirklich beschäftigen. Jeder möchte gerne die Antworten auf grundsätzliche Fragen über uns und unseren Platz im Universum wissen.

### Welches sind nun die vier grossen Fragen?

- Physik: Welche Informationen entnehmen wir astronomischen Beobachtungen extremer Bedingungen im Universum – die unermesslichen Entfernungen und Zeiträume erfassen – über die Grundlagen der Physik? In der Vergangenheit hat die Astronomie schon häufig eine «neue Physik» angedeutet oder geprüft. Nie war das Potenzial dafür grösser als heute, wo wir überwältigende Beweise für die Existenz der Dunklen Materie haben und der rätselhaften dunklen Energie – beides Phänomene, die weit über den Bereich der bisherigen Physik hinausgehen.



Simon Lilly, Professor für Astronomie an der ETH Zürich: «Jeder von uns möchte gerne die Antworten auf grundsätzliche Fragen über uns und unseren Platz im Universum wissen.»

– Unser Ursprung: Welche physikalischen Vorgänge haben über kosmische Zeitdauern hinweg zusammengewirkt und dabei das uns heute bekannte Universum entstehen lassen? Begonnen hat alles mit einem überraschend simplen Urknall. Doch wie ist diese unermessliche Vielfalt und Hierarchie von geordneten Strukturen unseres heutigen Universums mit seinen Sternen, Planeten und Galaxien entstanden? Wie sind die unterschiedlichen chemischen Elemente entstanden und wie können wir uns die Wechselwirkungen physikalischer Vorgänge erklären, die in unterschiedlichen Massstäben stattfinden?

– Unsere Nachbarn: Gibt es im Universum andere, der Erde vergleichbare Welten? Und gibt es dort Leben? Wodurch wird bestimmt, ob Planeten um ein Zentralgestirn herum entstehen – und wenn dies der Fall ist, mit welchem Ergebnis?

– Unsere Heimat: Welchen direkten Einfluss haben die Sonne und unsere unmittelbare astrophysikalische Umgebung auf unsere Erde? Welcher Zusammenhang besteht zu unseren irdischen Problemen, wie etwa dem weltweiten Klimawandel?

### «Tief im Innern sind es die Grundfragen der Astronomie, die sowohl uns als auch die breite Öffentlichkeit wirklich beschäftigen.»

An der ETH Zürich lief jahrelang ein erfolgreiches Programm zur Solarphysik unter der Leitung von Prof. Jan Stenflo. Im Jahr 2002 kamen Prof. Marcella Carollo und ich von der Columbia University respektive vom Canadian NRC an das Institut. Wir führten damals die neuen Projekte Extragalactic Astrophysics und Observational Cosmology ein. Für unsere Arbeiten nutzten wir modernste Beobachtungseinrichtungen wie die Europäische Südsternwarte ESO mit dem VLT (Very Large Telescope) und das Weltraumteleskop Hubble.

Ende 2007 ging Jan Stenflo in den Ruhestand, und es ergab sich die Gelegenheit, einen neuen Lehrstuhl für «Star and Planet Formation» unter Beibehaltung des bereits vorhandenen Lehrstuhls für Solar Physics einzurichten. Auf

diese neue Stelle wurde Professor Michael Meyer von der University of Arizona berufen. Dieser neue Lehrstuhl wird auf den Erfolg des interdisziplinären Projekts PLANET-Z aufbauen, das wir 2004 in Zusammenarbeit mit Geophysikern des Departments Erdwissenschaften auf den Weg brachten. Im Mittelpunkt des Projekts PLANET-Z steht seitdem eine Zusammenarbeit von Astrophysikern und Geowissenschaftlern mit der Aufgabe, die Entstehung von Planeten zu erforschen.

Mit Einrichtung dieser Stelle verfügt das Institute of Astronomy dann über vier Lehrstühle, die sich mit den vier in der Schweizer Roadmap festgelegten Fragen beschäftigen. Unser Institut ist mit unseren anspruchsvollen Forschungsprogrammen und der Nutzung der gegenwärtig modernsten oder derzeit in Entwicklung befindlichen Teleskope für die zukünftige Nutzung gut aufgestellt, um eine wichtige Rolle in der zukünftigen Entwicklung der Astronomie in der Schweiz, in Europa und in der Welt zu spielen. //

Simon Lilly  
Professor für Astronomie an der ETH Zürich

▸ [www.astro.phys.ethz.ch/](http://www.astro.phys.ethz.ch/)

# Wenn der Blick ins Weltall zur Zeitreise wird

Was vor genau 400 Jahren mit dem einfachen Fernrohr von Galilei begann, ist heute eine hochkomplexe, milliarden schwere Spitzentechnologie. Damit kann der Mensch immer tiefer ins Weltall blicken und dabei die Vergangenheit des Kosmos entdecken.

Text: Beat Grossrieder

Seit Galileo Galilei im August 1609 sein erstes selbstgebautes Linsenfernrohr auf den Himmel richtete, ist es der Forschung gelungen, laufend leistungsstärkere Teleskope zu entwickeln. Damit lassen sich heute einerseits Objekte in mehreren Milliarden Lichtjahren Entfernung erfassen. Andererseits führt dies die Forschenden auch immer näher an die Antworten auf existenzielle Fragen heran: Wie ist das Universum aufgebaut? Wie entwickeln sich Sterne und Galaxien? Gibt es extrasolare Planeten?

## Ursprung in Holland

Als eigentlicher Erfinder des Teleskops gilt Hans Lipperhey, ein holländischer Brillenmacher aus Middelburg. Sein Patentantrag mit dem Ziel, «Instrumente zu machen, um ferne Dinge nah zu sehen», wurde 1608 vom Rat der Provinz Zeeland abgelehnt. Die Vergrößerungsleistung des holländischen Teleskops entsprach zu dieser Zeit etwa der Leistung eines Opernfernglases.

Galileis Fernrohre vergrösserten zunächst viermal, später bis zu 30-mal. Damit beobachtete der Forscher erstmals, dass andere Planeten von Monden umwandert werden und die Erde somit nicht alleiniges Zentrum aller Bewegungen sein kann. Nach der Veröffentlichung von Galileis «Sternenbote» (1610) wurde das Teleskop in ganz Europa zum begehrten Instrument in der kosmologischen Debatte. Um dessen Leistung zu verbessern, rüstete Johannes Kepler ab 1611 sein Fernrohr mit einem konvexen Okular aus. Dadurch schuf er ein grösseres Gesichtsfeld

und konnte in der Bildebene des Objektivs auch Messskalen einsetzen. Im 17. Jahrhundert bestanden die Linsen aus einem einzigen Glas und konnten nur kugelförmig geschliffen werden. Das schränkte die Leistung der Fernrohre stark ein. Denn einfache Linsen brechen die Farben unterschiedlich, was zu Farbfehlern führt. Also versuchte man, leicht gekrümmte Linsen mit langer Brennweite zu verwenden und das einfallende Licht mit Blenden auf den Zentralbereich der Linsen zu beschränken. Dabei ging aber viel Licht verloren, und die Fernrohre waren mit einer Länge bis zu 50 Metern schwer zu handhaben.

## Spiegel statt Linsen

Einen weiteren Meilenstein in der Teleskopentwicklung hat der schottische Mathematiker James Gregory gesetzt. Er entwarf 1670 ein Fernrohr, das statt einer Objektivlinse zwei sphärische Konkavspiegel aufwies. Gestützt auf dieses Modell baute Isaac Newton ein Spiegelteleskop. Seine Hauptmotivation war die Beseitigung der chromatischen Aberration – jener Farbstörung, die als Konsequenz der Lichtbrechung auftritt. Um die fernen Objekte exakt zu lokalisieren, wurden nun nicht mehr nur Messskalen auf die Spiegel gesetzt, sondern man kombinierte die Teleskope mit klassischen Winkelmessgeräten. Ende des 17. Jahrhunderts entstand das Cassegrain-Teleskop. Und Friedrich Wilhelm Herschel baute 1789 sein berühmtes Teleskop mit einem Spiegeldurchmesser von 122 Zentimetern und einer Brennweite von sechs



**}} Zeitachse Teleskopentdeckungen**

Geschichte des Teleskops von Hans Lipperhey bis zum European Extremely Large Telescope (1608–2017):



1608

01 Hans Lipperhey, der holländische Brillenmacher aus Middelburg, erfindet das erste Fernrohr.



1609

02 Galileo Galilei entwickelt das holländische Fernrohr weiter und erkundet damit den Himmel.



1789

03 Friedrich W. Herschel baut sein berühmtes Teleskop mit einem Spiegel von 122 cm Durchmesser.

Metern. Die Spiegel der damaligen Modelle oxidierten aber rasch, da sie aus Silber gefertigt waren.

Das 19. Jahrhundert galt zunächst noch als Blütezeit der Linsenfernrohre mit ihren optisch hochwertigen Gläsern. Die Linsenoberflächen wurden immer aufwändiger geschliffen. Zudem kamen achromatische Linsen zum Einsatz, was störende Farbfehler verringerte. Das grösste je ge-baute Linsenteleskop entstand 1897 am Yerkes Observatory der Universität Chicago. Es wies eine Objektivlinse von etwa einem Meter Durchmesser und eine Brennweite von 19,4 Metern auf. Damit war beim optischen Fernrohr die Grenze des technisch Möglichen erreicht. Noch grössere Linsen hätten keine Leistungssteigerung mehr gebracht.

Als dann auch die Fotografie und die Spektroskopie in die astronomischen Geräte integriert wurden, machte sich das bekannte Defizit der Linsenteleskope wieder deutlich bemerkbar. Da die Fotoplatten vor allem auf energiereiche, ultraviolette und blaue Strahlen empfindlich sind, kam es zu unscharfen, verzerrten Aufnahmen. In der Folge wandte sich die Branche wieder vermehrt den Spiegelteleskopen zu, da diese keine Farbfehler verursachen. Während die ersten Spiegel des 17. Jahrhunderts aus einer Kupfer-Zinn-Legierung hergestellt wurden, entstand um 1850 ein Verfahren, das eine dünne Silberschicht auf einer Glasoberfläche aufbrachte und die Spiegel leistungsfähiger machte. Wenig später wurden die Spiegel dann aus Aluminium gefertigt, was ihre Kapazität nochmals deutlich steigerte.

Folglich nahm das Spiegelteleskop wieder die Vorreiterrolle ein. Teleskope mit Spiegeln von einem bis zwei Metern Durchmesser machten es möglich, Sternspektren aufzunehmen oder extragalaktische Lichtquellen zu untersuchen. So entwickelten kalifornische Forscher 1917 den Hooker-Reflektor, ein Spiegelteleskop mit 2,5 Metern Durchmesser. Um die Mitte des 20. Jahrhunderts gelang es, Spiegel von bis zu fünf Metern Durchmesser anzufertigen, zum Beispiel beim Hale-Teleskop in Kalifornien, das 1949 in Betrieb ging. 1975 übertrumpften russische Forscher das Hale-Teleskop, indem sie ein Gerät mit einem Sechsmeter-Spiegel konstruierten, das BTA-6-Azimutalteleskop. Ende der 80-er-Jahre hielt allmählich die digitale Kameratechnik Einzug in den Teleskopbau, was die Forschungsmöglichkeiten weiter perfektionierte.

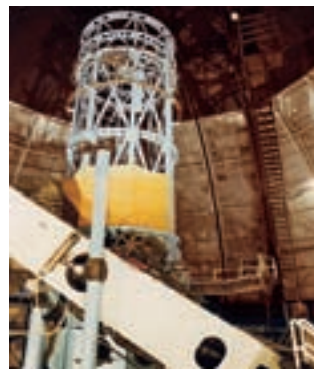
**Moderne Grossteleskope**

Ein weiterer Leistungssprung gelang in den 90er-Jahren mit einer neuen Generation von Grossteleskopen, die aus mehreren Segmenten mit Spiegeln bis zu zehn Metern zusammengesetzt sind. Dazu gehören die beiden Keck-Teleskope, die 1993 und 1996 auf Hawaii erstellt wurden und je einen Spiegel von zehn Metern besitzen. 1998 folgte das Very Large Telescope VLT, das in der Atacamawüste in Chile steht und sich aus vier Einzelteleskopen mit einem Spiegeldurchmesser von je 8,2 Metern zusammensetzt. Für die Zukunft plant die Europäische Südsternwarte ESO ein Extremely Large Telescope ELT, das mit seinem 42-Meter- >



1864

04 Die erste eidgenössische Sternwarte, erbaut von Gottfried Semper, wird in Zürich eröffnet.



1917

05 Von Kalifornien aus werden mit dem Hooker-Reflektor bahnbrechende Entdeckungen gemacht.



1948

06 Lange Zeit galt es als grösstes Fernrohr der Welt überhaupt: das Hale-Teleskop von Palomar.



1975

07 Das BTA-6-Teleskop zeigt den Erbauern die Grenzen der technischen Machbarkeit auf dem Gebiet.

Spiegel bisher unerreichte Einblicke ins Weltall ermöglichen wird. Mit dem ELT, das rund 800 Millionen Euro kosten dürfte und 2018 in Betrieb gehen soll, erhoffen sich die Forscher, zum Beispiel der Entstehung von Sternen und Planeten auf die Spur zu kommen. Denn die Anlage soll es ermöglichen, früheste Galaxien, die nur einige hundert Millionen Jahre nach dem Urknall entstanden sind, zu erfassen. So gesehen sind Teleskope eigentliche Zeitmaschinen, die dem Menschen den Blick in die tiefste Vergangenheit öffnen.

### Das Teleskop erobert den Kosmos

Beobachtungen über weiteste Distanzen und von hoher Qualität gewährt auch eine neue Generation von Fernrohren, die seit den 70er-Jahren Auftrieb erhielten: die Weltraumteleskope. Bekanntestes Beispiel ist Hubble, das seit April 1990 im Einsatz ist und spektakuläre Bilder zur Erde liefert. Vorteile des Weltraums für Teleskope sind die fehlende Luftunruhe und der Zugang zu den Bereichen elektromagnetischer Strahlung, die von der Atmosphäre verschluckt werden, wie die Gamma-, Röntgen- und Infrarotstrahlung. Nebst Hubble erkunden heute einige weitere Weltraumteleskope den Kosmos, so etwa Soho (seit 1995), XMM-Newton (seit 1999), Chandra (seit 1999), Wmap (seit 2001) oder Spitzer (seit 2003).

Weltraumteleskope befinden sich meist in der Umlaufbahn um die Erde; Soho aber, das Solar and Heliospheric Observatory, zirkuliert am

inneren Lagrangepunkt L1, von dem aus die Sonne ununterbrochen beobachtet werden kann. Die Sonde zur Erforschung der kosmischen Hintergrundstrahlung Wmap kreist um den äusseren Lagrangepunkt L2, an dem die gleichzeitige Abschirmung störender Strahlung von Erde und Sonne einfacher ist. Weitere Möglichkeiten sind Umlaufbahnen entlang der Erdbahn um die Sonne wie beim Spitzer Space Telescope. Und auch in Zukunft ermöglichen verschiedene Projekte weitere spektakuläre Beobachtungen. So wird im Frühjahr 2009 das Planck-Teleskop gestartet, eine Raumsonde der Europäischen Weltraumorganisation ESA zur Erforschung der kosmischen Hintergrundstrahlung. Zugleich wird das Infrarotteleskop Herschel in Betrieb genommen. Zirka 2013 wird die ESA zusammen mit der amerikanischen Weltraumbehörde NASA einen weiteren Quantensprung in der Teleskopentwicklung machen. Das geplante James-Webb-Weltraumteleskop mit einem Spiegeldurchmesser von 6,5 Metern soll Licht der ersten Sterne und Galaxien nach dem Urknall aufstöbern und nach extrasolaren Planeten fahnden, auf denen Leben ausserhalb der Erde möglich wäre. Unter anderem will man damit dem Ursprung des Lebens auf die Spur kommen – eine Herausforderung, die schon 400 Jahre zuvor den Gelehrten Galilei dazu gebracht hatte, sein erstes Fernrohr in den Himmel zu richten.



1990

08 Hubble startet mit der Space-Shuttle-Mission STS-31 und umkreist die Erde in 590 Kilometern Höhe.



1993/96

09 Auf einem 4200 Meter hohen erloschenen Vulkan auf Hawaii stehen die Teleskope Keck 1 und 2.



1998

10 In der Atacamawüste in Chile liegt das zurzeit produktivste erdgebundene Observatorium.



2003

11 Das MAGIC-Teleskop ist auf die Beobachtung von extrem kurzen Lichtblitzen ausgerichtet.

## Die Geschichte des Teleskops in Zahlen

### 1608: Holländisches Fernrohr

Hans Lipperhey, Erfinder des ersten Fernrohrs und Brillenmacher aus dem niederländischen Middelburg, reichte 1608 beim Rat der Provinz Zeeland einen Patentantrag ein mit dem Ziel, «Instrumente zu machen, um ferne Dinge nah zu sehen». Der Rat lehnte den Vorstoss jedoch ab, weil andere Erfinder zur selben Zeit die gleiche Entdeckung gemacht hatten. Das holländische Teleskop bestand aus einer konvexen Sammel- und einer konkaven Zerstreuungslinse. Die Vergrößerung betrug nur gerade Faktor drei. Ein Wert, der in etwa der Leistung eines Opernfernglases entspricht.

### 1609: Galileis Fernrohr

Galileo Galilei hörte 1609 vom holländischen Fernrohr, baute es in verbesserter Form nach und richtete es als erster in den Himmel. Dabei entdeckte er Zusammenhänge, die das damalige geozentrische Weltbild erschütterten und dem heliozentrischen von Kopernikus zum Durchbruch verhalf. So stellte er fest, dass Jupiter vier Monde hat und dass die Venus Phasen wie der Mond aufweist. Er sah, dass die Mondoberfläche uneben ist und die Sonne Flecken hat. Ein Indiz dafür, dass beide Himmelskörper unmöglich perfekte Kugeln sein können. Er fand heraus, dass sich Planeten im Fernrohr als Scheiben präsentieren, Sterne dagegen nur als Punkte, was darauf hindeutet, dass sie sehr viel weiter entfernt sind.

### 1668–1789: Newton- und Herschel-Teleskope

Isaac Newton entwickelte 1668 eine neue Form des Spiegelteleskops: Ein konkaver Hauptspiegel und ein flacher, um 45 Grad zur Mittelachse geneigter Fangspiegel lenkten das Licht im rechten Winkel ab, so dass man seitlich in das Fernrohr hineinblickte. Dieses Sechs-Zoll-Fernrohr wurde in den folgenden Jahren von diversen Erfindern weiterentwickelt. So entstanden 1672 das Cassegrain-Teleskop und 1674 das Gregory-Teleskop, die ebenfalls mit Hilfsspiegeln ausgestattet waren. 1789 baute Friedrich Wilhelm Herschel ein Teleskop mit einem Spiegeldurchmesser von 122 Zentimetern und einer Brennweite von sechs Metern.

### 1864: Semper-Sternwarte

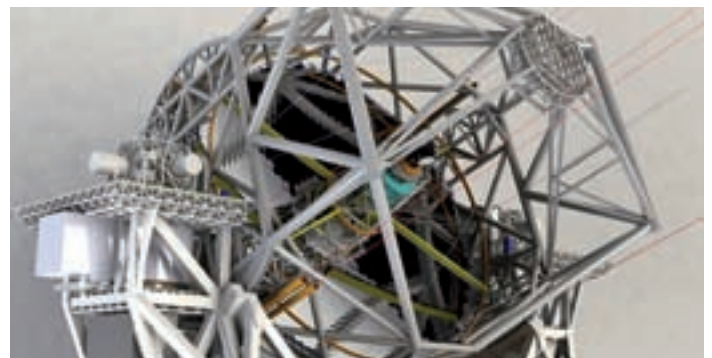
Die Semper-Sternwarte der ETH Zürich wurde 1864 als erste eidgenössische Sternwarte eröffnet. Der Bau geht zurück auf den Mathematiker und Astronomen Rudolf Wolf (1816–1893), der 1855 als Professor für Astronomie an die ETH Zürich berufen wurde, und auf Gottfried Semper (1803–1879), Professor für Architektur und Leiter der Bauschule an der ETH Zürich. Die Kuppel wurde nach den Plänen von Franz Reuleaux (1829–1905), Professor für Maschinenlehre, durch die Firma Escher Wyss ausgeführt. Die Sternwarte wurde mehrmals um- und ausgebaut und enthält heute ein Cassegrain-46-cm-Teleskop (C46) und eine CCD-Kamera für Studentenprojekte.

>



2007

12 Das Gran Telescopio Canarias GTC auf der Insel La Palma hat einen Spiegeldurchmesser von 10,4 Metern. Sein Hauptspiegel ist aus 36 sechseckigen Einzelspiegeln zusammengesetzt.



2020

13 Die Europäische Südsternwarte ESO investiert in die Zukunft mit dem Bau des Extremely Large Telescope (E-ELT), eines neuen optischen Teleskops der nächsten Generation.

#### 1917: Hooker-Reflektor

1904 entstand auf dem Mount Wilson in Kalifornien ein Observatorium, das bald zu den weltweit führenden gehörte. 1908 wurde ein 1,54-Meter-Teleskop (60 Inches) gebaut, 1917 folgte das damals grösste Fernrohr mit 2,54 Metern (100 Inches), genannt Hooker-Reflektor. Zu diesen beiden Teleskopen zur Beobachtung des Nachthimmels kamen bald zwei Sonnenturmteleskope mit einer Höhe von 18,3 bzw. 45,7 Metern hinzu. Diese Installationen erlaubten bahnbrechende Entdeckungen. So liess sich zum Beispiel nachweisen, dass die Sonne nicht im Zentrum der Milchstrasse steht und dass es ausserhalb der Milchstrasse zahlreiche weitere Galaxien gibt.

#### 1948: Hale-Teleskop

Das grösste Teleskop des Palomar-Observatoriums in Kalifornien ist das Hale-Teleskop, das bis 1975 das grösste Fernrohr der Welt war. Es besitzt einen Hauptspiegel mit einem Durchmesser von 5,08 Metern (200 Zoll). Benannt wurde es nach dem 1938 verstorbenen US-Astronomen George Ellery Hale. Das insgesamt über 400 Tonnen schwere Teleskop ist in einer über 40 Meter hohen Kuppel untergebracht. Für den Transport des 20 Tonnen schweren Fünf-Meter-Spiegels nach Palomar mussten ein spezielles Fahrzeug und die Strasse dazu gebaut werden. 1948 fand die Einweihung des Teleskops statt.

#### 1975: BTA-6-Azimutalteleskop

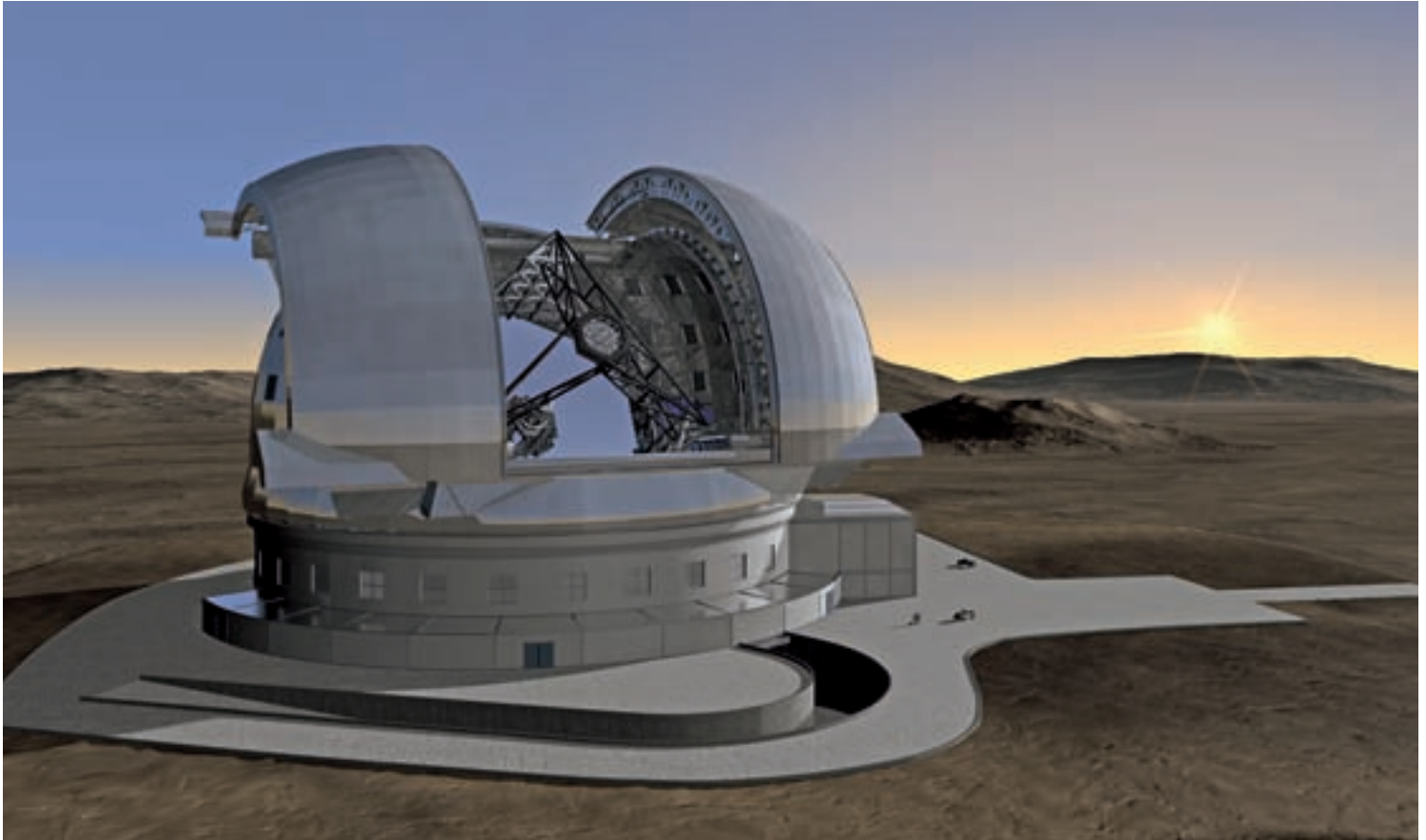
Zum Zeitpunkt seiner Fertigstellung 1975 bis zu Beginn der 90er-Jahre war das BTA-6-Teleskop im russischen Selentschuk-Observatorium das grösste Fernrohr der Welt. Es handelt sich um ein Sechs-Meter-Spiegelteleskop mit einem 42 Tonnen schweren Borsilikatglasspiegel. Damit stiess man aber an die technische Grenze beim Bau von Spiegelteleskopen: Der Spiegel wurde zu heiss, was Flimmern und Verzerrungen erzeugte.

#### 1993/96: Keck-Teleskope

Im W.-M.-Keck-Observatorium auf Hawaii, das zum Mauna-Kea-Observatorium gehört, entstand 1993 das Keck-1-Teleskop. 1996 folgte das Keck-2-Teleskop. Die Anlage auf dem Gipfel des 4200 Meter hohen, erloschenen Vulkans Mauna Kea beherbergt zwei baugleiche Spiegelteleskope. Beide verfügen über einen aus 36 sechseckigen Segmenten zusammengesetzten Hauptspiegel von zehn Metern Durchmesser. Bis 2007 galten sie als die grössten optischen Teleskope der Welt.

#### 1990: Hubble-Weltraumteleskop

Das Hubble-Weltraumteleskop HST ist ein Teleskop für sichtbares Licht, Ultraviolett- und Infrarotstrahlung, das die Erde in 590 Kilometern Höhe umkreist. Es entstand aus der Zusammenarbeit zwischen der US-Weltraumbehörde NASA und der europäischen Weltraumorganisation ESA. HST wurde 1990 mit der Space-Shuttle-Mission STS-31 gestartet und



2020

14 Das E-ELT stösst in noch weitgehend unbekannte Dimensionen vor. Es ermöglicht dereinst, mehr über Dunkle Materie und dunkle Energie zu erfahren. Allein sein Hauptspiegel hat einen Durchmesser von 42 Metern. Der Baustart ist auf 2011 festgelegt. Verläuft alles planmässig, soll E-ELT 2020 fertig sein.

seither mehrmals erweitert und revidiert. Der Betrieb eines Teleskops ausserhalb der Erdatmosphäre hat Vorteile in Bezug auf Filtereinwirkungen und Störungen durch Luftbewegungen. Nachfolger von Hubble mit einem Spiegel von 2,4 Metern soll 2013 das James Webb Space Telescope mit einem Spiegel von 6,5 Metern werden.

#### 1998: Very Large Telescope VLT

Das Paranal Observatory in der Atacamawüste in Chile ist zurzeit das produktivste erdgebundene Observatorium der Welt. Es beherbergt das Very Large Telescope VLT, ein aus vier Einzelteleskopen bestehendes, astronomisches Grossteleskop, dessen Spiegel zusammengeschaltet werden können. Das VLT ist für Beobachtungen im sichtbaren Licht bis hin zum mittleren Infrarot bestimmt. Die optischen Spiegel haben je einen Durchmesser von 8,2 Metern. 1998 konnte das erste Teleskop in Betrieb genommen werden; seit 2004 ist die ganze Anlage aufgeschaltet.

#### 2003: MAGIC-Teleskop

Das MAGIC-Teleskop steht auf 2500 Metern über Meer auf dem höchsten Berg der Kanarischen Insel La Palma und existiert seit 2003. MAGIC, das kein optisches Teleskop ist, steht für Major Atmospheric Gamma-Ray Imaging Cherenkov Telescope. Das Teleskop hat eine Spiegelfläche von 17 Metern Durchmesser. Es ist auf die Beobachtung von Cherenkov-Blitzen ausgelegt. Diese extrem kurzen Lichtblitze entstehen indirekt, wenn Gammastrahlung mit sehr hoher Energie auf die Erdatmosphäre

trifft. Dank dem MAGIC-Teleskop ist es gelungen, hochenergetische Strahlung des Krebs-Pulsars, eines Neutronensterns in 6000 Lichtjahren Entfernung von der Erde, zu messen. Die ETH Zürich hat hierzu wichtige Anstösse geliefert.

#### 2007: GTC-Teleskop

2007 wurde auf der Kanareninsel La Palma das Gran Telescopio Canarias GTC mit einem Spiegeldurchmesser von 10,4 Metern in Betrieb genommen. Mit seinem aus 36 sechseckigen Einzelspiegeln bestehenden Hauptspiegel ist das Spiegelteleskop wie die Keck-Teleskope auf Hawaii konzipiert. Das GTC gehört zum Roque-de-los-Muchachos-Observatorium ORM auf La Palma. Im Sommer 2007 wurde es in Betrieb genommen.

#### 2020: Extremely Large Telescope ELT

Das European Extremely Large Telescope (E-ELT), kurz Extremely Large Telescope (ELT), ist das Projekt der Europäischen Südsternwarte ESO in Chile für ein neues optisches Teleskop der nächsten Generation. Es wird über einen Hauptspiegel mit 42 Metern Durchmesser verfügen, der aus über 900 sechseckigen Spiegelementen zusammengesetzt ist. Voraussichtlich wird der Bau im Jahre 2011 begonnen und etwa 2020 abgeschlossen. Die Kosten belaufen sich auf etwa 1 Milliarde Euro. Einmal in Betrieb ermöglicht ELT, mehr über extrasolare Planeten, Dunkle Materie und dunkle Energie zu erfahren. //

# Die Entwicklung des Universums

Vor ungefähr 14 Milliarden Jahren begann die Geschichte des Universums. Vieles spielte sich in den ersten Sekunden ab, anderes brauchte Milliarden von Jahren. Eine Chronologie des Universums in Stichworten.

## 1 Der Urknall

### 10<sup>-44</sup> Sekunden

Vor etwa 13,7 Milliarden Jahren: Das Universum beginnt sich plötzlich auszudehnen. Es herrscht eine Ultrahitze von 10<sup>32</sup> Grad Kelvin, die Dichte beträgt 10<sup>94</sup> Gramm pro Kubikmeter – die höchsten Werte, die physikalisch noch Sinn haben. Man nennt diese Zeit die Planck-Zeit. Bisher waren Raum, Zeit, Strahlung und Materie nicht unterscheidbar. In der Planck-Zeit trennen sie sich voneinander.

### 10<sup>-4</sup> Sekunden Die ersten Nukleonen

Die bis dahin freien Quarks werden in Protonen und Neutronen, den Nukleonen, eingeschlossen, die sich ineinander umwandeln können.

### 100 Sekunden Synthese der ersten Elemente

Protonen und Neutronen verschmelzen zu Kernen von schwerem Wasserstoff (Deuterium) und Helium.

Die Plasma-Zeit: Der Elektromagnetismus dominiert – Lichtteilchen (Photonen) kollidieren mit Elektronen so oft, dass diese sich nicht an die Atomkerne binden können; das kosmische Gas ist ein undurchsichtiges «Plasma».

## 2 Die Entstehung

### 10 000 Jahre Ende der Strahlungsära

Das Universum kühlt auf 30 000 Grad Kelvin ab. Die Strahlung verliert Energie, die Materie und ihre Schwerkraft gewinnen an Einfluss.

### 100 000 Jahre Aufklaren des Universums

Das Universum wird durchsichtig und allmählich kalt. Die kosmische Mikrowellenhintergrundstrahlung, die etwa 380 000 Jahre nach dem Urknall entsteht, ist das erste Signal nach dem Urknall, das wir heute direkt erforschen und beobachten können.

12

Urknall  
Entstehung

3

Gegenwart  
und Zukunft

### **10<sup>9</sup> Jahre** Quasare und Schwarze Löcher, Geburt der Fixsterne

Das kosmische Gas bildet Klumpen. Es entstehen Quasare und Galaxien. In ihren Zentren bilden sich «supermassive» Schwarze Löcher. Die ersten Fixsterne werden geboren.

### **10<sup>10</sup> Jahre** Planeten und Leben

Im Innern der Sterne bilden sich Elemente, die schwerer sind als die im Urknall entstandenen. Mit dem Tod der Sterne werden sie in den Weltraum freigesetzt, wo sie von den Sternen der nächsten Generation aufgesammelt werden. Auch unser Planet profitiert davon – und das Leben.

## **3** Von heute in die Zukunft

### Heute

Über drei Milliarden Jahre lang entwickelte sich das Leben auf der Erde. Der Homo sapiens tauchte vor etwa 600 000 Jahren auf.

### In Zukunft Die Sonne stirbt

Die Sonne bläht sich auf zum «Roten Riesen», verschlingt die Planeten und wahrscheinlich auch die Erde.

### **10<sup>14</sup> Jahre** Die Sterne verlöschen

Sterne, die noch kleiner sind als die Sonne, leben am längsten. Nach über 100 Billionen Jahren verlöschen aber auch sie. Es wird dunkel im Kosmos.

### **10<sup>17</sup> Jahre** Die Milchstrasse als Schwarzes Loch

Die Milchstrasse kontrahiert zu einem gigantischen Schwarzen Loch.

## **4** Ende

### **10<sup>100</sup> Jahre** Ende der Schwarzen Löcher

Durch einen Quanteneffekt strahlen auch Schwarze Löcher Energie ab und schrumpfen so, bis sie zuletzt in einer Explosion «verdampfen» – das letzte Aufflackern vor dem Kältetod des Kosmos.

Marcella Carollo, Professorin für Astrophysik, und Doktorand Pascal Oesch gehören zu den Ersten, die Galaxien im sehr jungen Entstehungsalter von 600 Millionen Jahren nach dem Big Bang beobachten können.





# Auf der Spur der ersten kosmischen Lichter

Was genau geschah kurz nach dem Big Bang? Trotz enormen Fortschritten in der Astronomie bleibt die Entstehung der ersten Galaxien ein Mysterium. Die Hochpräzisionskamera WFC3, die diesen Mai im Hubble Space Telescope in Betrieb geht, soll mehr Licht ins Dunkel bringen.

Vor 13,5 Milliarden Jahren war unser Universum eine einzige riesige «Suppe», bestehend aus relativ homogen verstreuter Materie von mehreren Milliarden Grad Celsius. Daraus verdichtete sich ein kleiner Teil aufgrund der Schwerkraft über Millionen von Jahren zu den ersten Galaxien mit typischerweise 100 Milliarden Sternen. Sterne, wie zum Beispiel unsere Sonne, sind wiederum die Basis für die Geburt von Planeten und haben die biologische Vielfalt auf der Erde überhaupt erst ermöglicht. Insofern führt die Frage nach der Entstehung der ersten Galaxien an den Ursprung sämtlichen Lebens zurück.

«Wir verstehen heute grundsätzlich, was sich damals zugetragen haben muss. Wann dies exakt geschah, welche Konditionen zur Geburt der ersten Galaxien geführt haben und welche physikalischen Prozesse dabei genau abliefen, ist jedoch bis heute ein Mysterium», sagt Marcella Carollo. Die Professorin für Astrophysik lehrt und forscht seit 2002 am Institut für Astronomie der ETH Zürich. Carollo interessiert sich grundsätzlich für die gesamte Zeitspanne von der Entwicklung der ersten Galaxien bis zum heutigen Tag. Weiter zurück als 500 Millionen Jahre nach dem Big Bang kann aber auch sie nicht spähen. Erst ab diesem Zeitpunkt können Galaxien nämlich mit den heute verfügbaren Teleskopen analysiert und vermessen werden. Davor wurde der sichtbare UV-Anteil sämtlicher Lichtstrahlung von diffusen, neutralen Gasen sofort absorbiert. Die so genannte Reionisierungsära, die rund 500 Millionen Jahre dauerte, führte dazu, dass das Universum für heutige Astronomen überhaupt wieder beobachtbar ist. In diesem Zeitraum wurde die anfänglich diffuse, neutrale und sich stetig abkühlende Materie ionisiert. Dies geschah durch Lichtteilchen (Photonen) von stark lichtemittierenden Quellen; wobei bis heute nicht belegt ist, ob dies bereits erste Galaxien waren. Das Wechselspiel zwischen Reionisierung und der Geburt von ersten Galaxien am Ende der «dark ages» ist bis heute nur

ansatzweise geklärt und Forscher weltweit zerbrechen sich darüber nach wie vor den Kopf.

## Mit Hubble die Grenzen des Universums ausloten

In einer Studie aus dem Jahr 2008 nahm Carollo zusammen mit ihrem Doktoranden Pascal Oesch vier Galaxien, die 800 Millionen Jahre nach dem Big Bang entstanden waren, anhand von Daten des Hubble Space Telescope (HST) genauer unter die Lupe. «Wir konnten erstmals die so genannte Luminosity Function, also die Anzahl Objekte bei einer bestimmten Helligkeit, von sehr lichtschwachen, jungen Galaxien bestimmen. Wir stellten diese Ergebnisse in eine Reihe von Messungen der intrinsischen Lichtintensität von Galaxien späterer Epochen und erkannten, wie die Helligkeit und damit auch die Grösse von Galaxien über die Zeit stetig zunimmt», fasst Oesch die wichtigsten Erkenntnisse zusammen. Anhand von vier Galaxien alleine lassen sich jedoch noch keine weitreichenden Aussagen machen. In einem nächsten Schritt sollen deshalb 100 solcher Galaxien im Stadium von rund 600 Millionen Jahren nach dem Big Bang beobachtet werden. Dazu hat Marcella Carollo zusammen mit Forschern der University of California, der Universität Leiden sowie den Betreibern des HST ein Forschungsprojekt für die Nutzung von WFC3 formuliert, der leistungsstärksten Kamera, die das HST jemals tragen wird. In einem internationalen Wettbewerb wurden dem Team über 150 Stunden Messzeit für die Beobachtung der «blutjungen» Galaxien zugesprochen.

«WFC3 ist für die Astrophysik eine kleine Revolution. Die Kamera hat eine zehnfach höhere Entdeckungseffizienz als alle bislang verfügbaren Geräte. Zudem verfügt WFC3 über Dutzende von Filtern, mit denen wir die Distanzen zu den Galaxien sehr präzise bestimmen können», schwärmt Carollo für das Instrument. Sie selber war Teil eines von der NASA zusammengestellten Konsortiums, bestehend aus 15 Astrophysikern und -physikerinnen, das zu-

sammen mit rund 100 Ingenieuren die High-tech-Kamera entwickelt hat. Mehr als zwölf Jahre hat es von der Konzeption bis zur Vollendung gedauert, wobei sich die Inbetriebnahme aufgrund der verunglückten Columbia-Shuttle-Mission im Jahr 2003 mehrfach verzögerte.

## Neue Astronomie-Ära dank

### James Webb Space Telescope

Im Mai 2009 soll es so weit sein: Während der vierten und letzten Hubble-Wartungsmmission werden Astronauten die neue Kamera von der Grösse eines Kleiderschranks installieren. Die ersten Bilder erwartet Carollo im Juli oder August 2009. Sie gehört aufgrund ihres Engagements im Entwicklungskonsortium zu den ersten Wissenschaftlerinnen, die Bilder zur Auswertung erhalten werden. Carollo erwartet davon einen weiteren Durchbruch in der Erforschung von jungen Galaxien: «Die Daten werden von bisher nicht gekannter Qualität sein; damit können wir tiefer ins Universum blicken als je zuvor.»

WFC3 ist aber eigentlich nur eine Übergangslösung. Bereits 2013 soll nämlich das James Webb Space Telescope (JWST) Hubble im Weltall ablösen. Kreiste Hubble noch in 600 Kilometern Höhe um die Erde, sind es beim JWST bereits 1,5 Millionen Kilometer. Dort sind die Messbedingungen für schwache Lichtemissionen, die kurz nach dem Big Bang entstanden sind, noch besser. «Mit JWST wird es erstmals möglich sein, nach den allerersten Sternen zu suchen, die unser Universum erhellten. Wir werden dann endlich wissen, ob unsere heutigen Theorien zum Big Bang den experimentellen Untersuchungen standhalten», freut sich Carollo auf diesen Moment. //

Samuel Schläfli

▸ [www.exp-astro.phys.ethz.ch/carollo/](http://www.exp-astro.phys.ethz.ch/carollo/)  
▸ [marcella@phys.ethz.ch](mailto:marcella@phys.ethz.ch)

# Mit Herschel ein letztes Fenster öffnen

Nachdem vor 27 Jahren erste Pläne aufkamen und schliesslich vor zehn Jahren mit dem Bau begonnen wurde, wird das Weltraumteleskop Herschel ab dem 16. April startklar sein. Arnold Benz, Professor am Institut für Astronomie der ETH Zürich, wird, wenn der Trägersatellit termingerecht abhebt, auf der Raketenbasis Kourou in Französisch-Guayana beim Start mit dabei sein.

Dieses Jahr also soll es also endlich soweit sein. Wenn das Weltraumteleskop Herschel im April tatsächlich seinen Betrieb aufnimmt, dann können auch Benz und seine Forschungsgruppe stolz sein, denn sie haben zum Bau des Weltraumteleskops beigetragen. Mit einem 3,5 Meter durchmessenden Spiegel hat Herschel eine zehnmal grösseren Optik als bisherige Spiegel und ermöglicht eine siebenmal höhere räumliche und eine 100-mal höherer spektrale Auflösung als herkömmliche Teleskope. Es wird nach einer dreimonatigen Reise im Weltraum am so genannten Lagrange-Punkt L<sub>2</sub> sein Ziel erreicht haben. Dort herrschen optimale Bedingungen für den Einsatz des Teleskops: Einerseits ist die Störung durch Infrarotstrahlung von Erde und Mond minimal und andererseits heben sich die Gravitationskräfte von Sonne und Erde und die Zentripetalkraft der Bewegung gegenseitig auf, so dass der Satellit keinen Treibstoff braucht.

## Vorstoss in Unerforschtes

Mit Herschel hat die ESA (European Space Agency) ein Teleskop gebaut, das die nie zuvor von einem Observatorium erforschten Wellenlängen zwischen dem Infrarot- und dem Submillimeterbereich untersuchen soll. «Damit öffnen wir das letzte noch unerforschte Fenster in den messbaren Frequenzbereichen der kosmischen Strahlung», erklärt Benz stolz. Das Weltraumobservatorium ist deshalb auch nach dem deutsch-britischen Astronomen Friedrich Wilhelm Herschel benannt, der im Jahr 1800 die Infrarotstrahlung entdeckte. «Mit dem Herschel-Teleskop können wir erstmals Wassermoleküle bei sehr tiefen Temperaturbereichen – bei 10 bis 20 Grad Kelvin – beobachten, in denen sonst keine optischen Photonen mehr zu sehen sind. Solche Bedingungen herrschen dort, wo Sterne und Planeten entstehen», sagt Benz. In den kalten Wolkenkernen lagern sich Sauerstoff und Wasserstoff vermutlich um Staubpartikel an und verbinden sich durch eine katalytische Reaktion zu Wasser. Um derartige Prozesse beobachten und Theo-

rien verifizieren zu können, braucht man ein Weltraumobservatorium wie Herschel. Denn von der Erde aus ist es nicht möglich, die Ferne Infrarotstrahlung bis in den Submillimeterbereich zu beobachten, da der Wasserdampf der Atmosphäre die kosmische Strahlung absorbiert. Hinzu kommt, dass jeder Körper im infraroten Bereich leuchtet und dieses «Hintergrundrauschen» möglichst klein gehalten werden muss, damit die Messwerte nicht verfälscht werden. Deshalb muss das Teleskop einerseits auf eine Umlaufbahn weit weg von der irdischen Wärmestrahlung gebracht werden. Andererseits muss das Teleskop mit einem Sonnensegel permanent beschattet und die Messelektronik gekühlt werden.

An der ETH Zürich wurden an den Instituten für Astronomie und für Feldtheorie und Höchstfrequenz Teile für das Heterodyne Instrument for the Far Infrared (HIFI) zur Messung der Fernen Infrarotstrahlung entwickelt. HIFI ist eines der insgesamt drei Instrumente, mit denen Herschel bestückt ist. Um deren Messsensorik von der eigenen Wärmestrahlung abzuschirmen, werden die Instrumente in eine Art überdimensionale Thermoskanne eingebracht, in der flüssiges Helium die Temperaturen – mit etwa einem Grad Kelvin – knapp über dem absoluten Nullpunkt hält.

Arnold Benz und sein Team werden ihr Hauptaugenmerk auf die Spektrallinien von Wasserdampf richten. Damit das HIFI Spektrallinien aus dem bisher unerforschten Frequenzbereich erfassen kann, funktioniert es zunächst wie ein optisches Teleskop. Benz erläutert: «HIFI fokussiert die Wellen mit Spiegeln auf einen Mischer. Dieser teilt die Strahlung in verschiedene Wellenbänder auf und transformiert sie wie ein Radioempfänger auf eine viel kleinere Zwischenfrequenz, wo sie dann elektronisch verstärkt wird.»

## Wasser im Universum

Die für Wasserdampf charakteristischen Linien kann man identifizieren, wenn bei der Beobachtung eines Objekts mindestens drei für das

Wassermolekül charakteristische Linien mit starker Intensität identifiziert werden. Wasser sei neben molekularem Wasserstoff (H<sub>2</sub>) und Kohlenmonoxid (CO) das drittwichtigste Molekül im Universum, erklärt Benz und schwärmt: «Es ist ein spannendes und interessantes Molekül, das von der Erde aus nicht beobachtet werden kann. Herschel bietet uns zum erstenmal die Chance, den Ursprung seiner Entstehung und seinen Einfluss auf die Planetenbildung nachzuverfolgen.» Bei der Sternbildung ist Wasser wichtig für den Energiehaushalt der Sterne, da es die Temperaturen reguliert und die Sterne abkühlen lässt. Die genauere Kenntnis über die Bedeutung des Wassers könnte Hinweis darauf geben, wie es kommt, dass sich beispielsweise massenreiche und massenarme Planeten bilden. Denn bei der Planetenbildung wird dem Wasser ein wichtiger Beitrag bei der Ansammlung von Materie (Akkretion) zugeschrieben: Es bildet einen Eismantel um die Staubkörner und verändert somit deren Koagulation zu grösseren Körpern.

## Bildung von Galaxien erklären

Herschel könnte auch viele offene Fragen zur Bildung und Entwicklung von Galaxien vom jungen Universum bis heute beantworten helfen. Während das Teleskop im Einsatz ist, sollen von HIFI etwa 75000 Spektrallinien von unterschiedlichen Molekülen erfasst werden. «Wir erwarten, dass wir Spektrallinien finden werden, bei denen es Jahre dauern wird, bis wir sie identifiziert haben. Dabei werden wir viele Überraschungen erleben und sicherlich neue Moleküle entdecken.» //

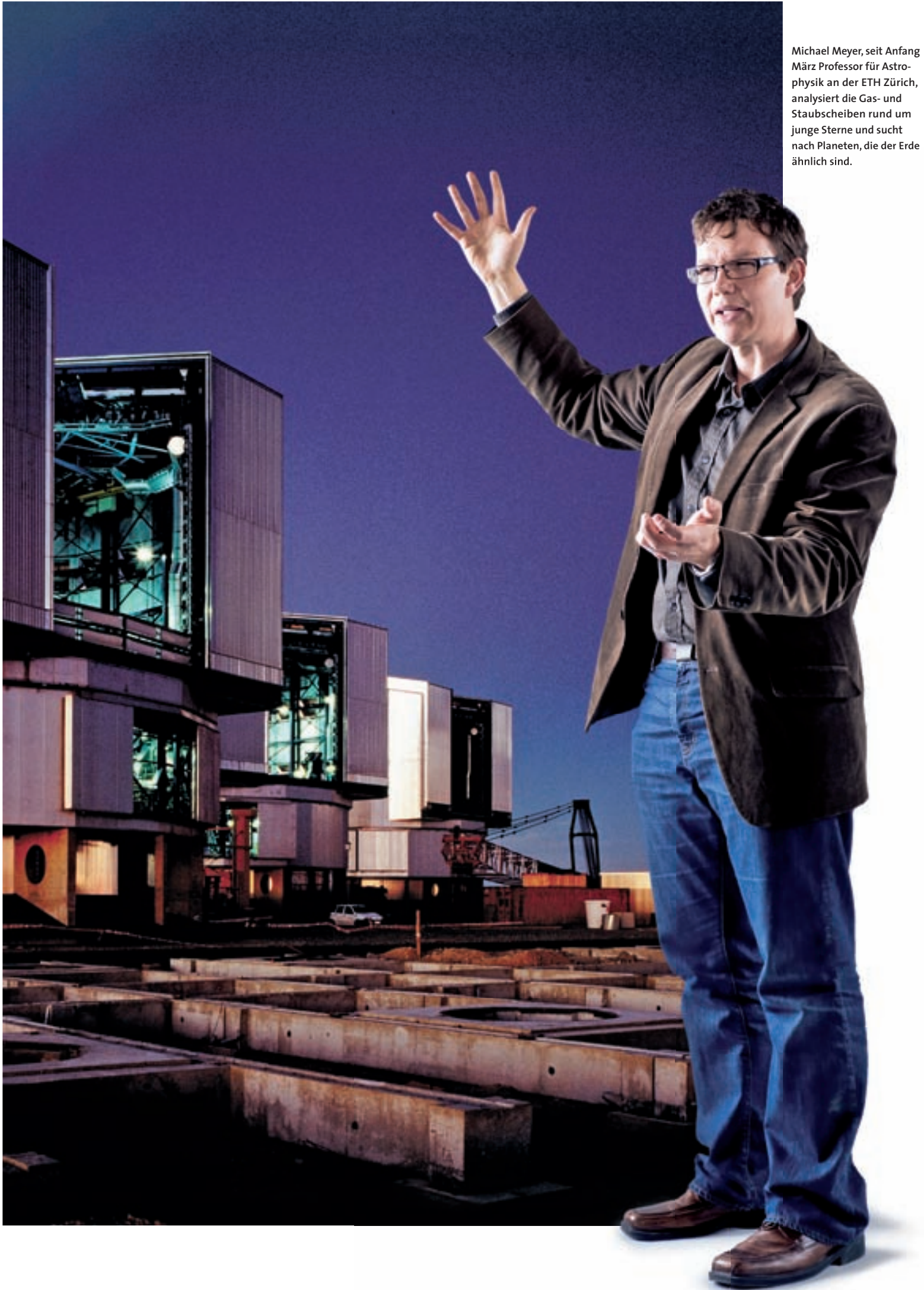
Simone Ulmer

✉ [www.astro.phys.ethz.ch/staff/benz/ben\\_nf.html](http://www.astro.phys.ethz.ch/staff/benz/ben_nf.html)  
✉ [benz@astro.phys.ethz.ch](mailto:benz@astro.phys.ethz.ch)



Weltraumteleskop Herschel  
– auch ein Teil von ihm:  
Arnold Benz, Professor am  
Institut für Astronomie der  
ETH Zürich, entwickelte  
gemeinsam mit weiteren  
Forschern der ETH Teile  
eines Instruments zur  
Messung der Fernen Infra-  
rotstrahlung.

Michael Meyer, seit Anfang März Professor für Astrophysik an der ETH Zürich, analysiert die Gas- und Staubscheiben rund um junge Sterne und sucht nach Planeten, die der Erde ähnlich sind.



# Planeten, Sterne und ausserirdisches Leben

Michael Meyers jüngste Forschungsergebnisse deuten darauf hin, dass erdähnliche Planeten in unserer Galaxie wesentlich häufiger vorkommen, als bislang angenommen wurde. Zukünftige Studien sollen zeigen, ob auf diesen Planeten auch ausserirdisches Leben möglich ist.

Es ist Michael Meyers erster inoffizieller Arbeitstag am Institut für Astronomie der ETH Zürich. Eigentlich läuft sein Vertrag erst ab März, trotzdem kam er bereits Mitte Januar aus den USA. Er will in diesem Monat noch die ersten Forschungsk Kooperationen aufgleisen und seine zukünftige Gruppe zusammenstellen. «Hey Michael, welcome to Zurich!»; die Astronomen am Institut freuen sich auf den vor jugendlicher Energie sprühenden Kollegen. Bald wird er das Departement Physik um die neue Forschungsgruppe Star and Planet Formation bereichern.

Meyer fasst seine Forschungsinteressen in drei Begriffen zusammen: «Sterne, Planeten und Leben». Das Wort «Leben» tanzt beim ersten Hören etwas aus der Reihe, doch der Astronom erklärt: «Uns interessiert vor allem die Frage, ob Planeten wie die Erde in unserer Galaxie eher der Normalfall oder die Ausnahme sind und ob auf solchen Planeten ein Leben grundsätzlich möglich wäre. Um Antworten darauf zu finden, müssen wir aber zuerst die Evolution von Sternen und Planeten besser verstehen lernen.»

## Gaswolken erzählen die Geschichte unseres Planeten

Michael Meyer war bis Anfang Jahr ausserordentlicher Professor am Steward Observatory der Universität Arizona, USA, und war in dieser Funktion in zahlreiche internationale Astronomieprojekte eingebunden. Darunter auch das Projekt «Formation & Evolution of Planetary Systems», kurz FEPS, dessen Forschungsverantwortlicher Meyer bis heute ist. Die im Projekt kooperierenden Wissenschaftler untersuchten während sechs Jahren die Gas- und Staubscheiben rund um junge Sterne in unserer Galaxie, um darin Erklärungen für die Geburt und Evolution von erdähnlichen Planeten zu finden. Astronomen gehen heute davon aus, dass die Erde vor mehreren Milliarden Jahren aus solchen Gas- und Staubscheiben heranwuchs. Durch stetige Kollisionen von freischwebenden Staubkörnern und grösseren Teilchen, die bei

der Geburt von Sternen entstehen, formte sich über Jahrmillionen der Erdball – ähnlich einer Lawine, die mit zusätzlichem Schnee an Gewicht gewinnt. Vieles deutet heute daraufhin, dass die Erde lediglich ein «Nebenprodukt» der Geburt unseres Sterns, der Sonne, vor 4,6 Milliarden Jahren ist.

Zum Analysieren solcher Gas- und Staubscheiben rund um junge Sterne nutzten die FEPS-Forscher das NASA Spitzer Space Telescope, das empfindlichste Satelliten-Infrarot-Teleskop überhaupt. Die Strahlung im sichtbaren Bereich ist zu schwach und wird von zu vielen galaktischen Nebeln verdunkelt, als dass diese mit optischen Teleskopen gemessen werden könnten. Spitzer hingegen detektiert Infrarotstrahlung zwischen einer Wellenlänge von drei und 160 Mikrometern. Die Messdaten erlauben Angaben zur molekularen Zusammensetzung, Temperatur, Dichte und Beschaffenheit von Gas- und Staubwolken junger Sterne. Aufgrund eines einfachen Verhältnisses zwischen der Temperatur des Gasgürtels und dessen Distanz zum zentralen Gestirn lassen sich diese zudem relativ genau lokalisieren. Heute gehen Astronomen davon aus, dass Planeten vor allem in «warmen» Gaswolken entstehen, die rund 1,5 bis 15 Millionen Kilometer vom Stern entfernt liegen und Infrarotlicht bei 24 Mikrometern emittieren.

Das FEPS-Team hat die Gas- und Staubscheiben von über 300 Sternen mit einem Alter von drei Millionen bis drei Milliarden Jahren untersucht. Verbindendes Element war die Sterngrösse, die ungefähr derjenigen unserer Sonne entspricht. «Wir konnten mit Spitzer in den Scheiben von jungen Sternen 24 Mikrometer Strahlung messen. Diese ist für die Planetenbildung typisch und sie kommt nicht bei Sternen vor, die älter als 300 Millionen Jahre sind. Das stimmt mit unseren theoretischen Modellen überein, die darauf hindeuten, dass die Erde während zehn bis 100 Millionen Jahren entstanden ist», erklärt Meyer. «Wir gehen davon aus, dass mindestens zehn bis 20 Prozent der beobachteten Sterne von erdähnlichen Planeten umkreist

werden – je nach Interpretation der Ergebnisse sogar bis zu 60 Prozent.»

## Noch ein weiter Weg bis zu den Aliens

Alleine anhand der Existenz von Planeten, die der Erde ähnlich sind, lassen sich jedoch noch keine weit reichenden Aussagen zu Meyers drittem Interessengebiet «Leben» machen. Erst eine spektrometrische Analyse der Atmosphäre von solchen erdähnlichen Planeten, die Aufschluss über die chemische Zusammensetzung gibt, erlaubt weiterführende Annahmen. «Fänden wir dabei ein Element wie Sauerstoff, so wäre dies bereits ein sehr starkes Indiz für mögliche ausserirdische Lebensformen», sagt Meyer.

In diesem Zusammenhang erwartet er auch von der Analyse von Meteoriten, die einst auf der Erde aufschlugen, neue Erkenntnisse. Solche Steine geben Hinweise auf die Bedingungen, unter denen diese in Gas- und Staubscheiben einst entstanden waren, und erlauben gleichzeitig Rückschlüsse auf die Geburtsbedingungen von Planeten. «Das Departement Erdwissenschaften der ETH Zürich zählt zu den weltweit führenden Instituten für solche Analysen», so Meyer. Noch gleichentags wird er eine erste Sitzung abhalten, die eine interdisziplinäre Zusammenarbeit in Form einer Ausweitung des ETH-Projekts «Planet-Z» aufgleisen soll. «Die Verbindung von Expertisen aus Astronomie, Physik und Erdwissenschaften eröffnet neue Perspektiven. Dadurch können wir wesentlich tiefer in die Zusammenhänge zwischen astronomischer und biologischer Evolution blicken, als es das isolierte Wissen aus den einzelnen Fachgebieten je erlauben würde», freut sich Meyer auf die überdepartementale Zusammenarbeit am neuen Arbeitsort. //

Samuel Schläfli

▸ [www.astro.phys.ethz.ch](http://www.astro.phys.ethz.ch)

▸ [michael.meyer@phys.ethz.ch](mailto:michael.meyer@phys.ethz.ch)

# Planetenjagd mit polarisiertem Licht

Hans Martin Schmid spürt Planeten ausserhalb des Sonnensystems auf, indem er polarisiertes Licht einfängt, das von den Himmelskörpern reflektiert wird. Dazu ist eine spezielle Apparatur nötig, in deren Entwicklung die ETH Zürich weltweit führend ist. Damit soll auch das neueste extragrosse Teleskop ausgerüstet werden, das um 2018 in Betrieb genommen werden soll.

Die Tasse wird zum Stern, die Fingerspitze zum Planeten, der um ihn herumkreist. Hans Martin Schmid, Privatdozent am Institut für Astronomie der ETH, erklärt ohne ausgefallene Hilfsmittel während einer Kaffeepause, wie man sich die Entdeckung eines extrasolaren Planeten, kurz Exoplaneten, vorzustellen hat. Wie viele Astronomen ist der ETH-Forscher durch und durch begeistert von seinem Fach. Seit mehreren Jahren arbeitet er an einer Methode, um solche Himmelskörper aufzuspüren und direkt beobachten zu können: der Polarimetrie.

## Bis vor Kurzem noch kein Thema

Es ist noch gar nicht so lange her, da sprach kaum ein Astronom über Exoplaneten. Doch im Jahr 1995 gelang einem Team der Universität Genf der Nachweis von «51 Peg b», dem ersten Planeten ausserhalb des Sonnensystems. Die Forscher erwarteten zwar, dass es im Universum viele Planeten gibt. «51 Peg b» ist jedoch ein jupiterähnlicher Grossplanet, der in nur vier Tagen um seine Sonne «51PEG» im Sternbild Pegasus kreist. «Für die Forschung war es eine grosse Überraschung, dass es leicht nachweisbare Grossplaneten in derart engen Bahnen um Sterne gibt», blickt Schmid zurück. Dieses Jahr sollte denn auch der Beginn einer neuen Forschungsrichtung in der Astrophysik sein: der Suche nach weiteren Exoplaneten. Viele Wissenschaftler und die grossen Weltraumagenturen NASA und ESA setzten sich das Ziel, endlich einen erdähnlichen Planeten und extraterrestrisches Leben zu entdecken. Mittlerweile haben die Forscher über 300 Planeten ausserhalb unseres Sonnensystems gefunden, die meisten aber nur mit indirekten Nachweismethoden. Nicht die Planeten wurden «gesehen», sondern zum Beispiel deren Einfluss auf den Stern, den sie umkreisen. So können Astronomen die Bewegungen eines Sterns messen, die durch die Gravitationskraft eines ihn umkreisenden Planeten entstehen. Dieses Signal ist relativ einfach festzuhalten für grosse Planeten, die sich wie «51 Peg b» nahe ihrer Sonne befinden. Weit mehr als die

Hälfte aller Exoplaneten wurden mit dieser Methode ermittelt.

Ebenfalls feststellen können die Astronomen den Transit eines Planeten. Der fragliche Planet bewegt sich auf seiner Umlaufbahn für eine gewisse Zeit vor seinem Stern hindurch und schwächt dabei dessen Licht. Die Transitmethode lässt Rückschlüsse zu auf den Radius und – kombiniert mit der Masse, die dank der Radialgeschwindigkeit berechnet wird – auch auf seine Dichte. Beobachtungen aus dem All haben es den Wissenschaftlern in wenigen Fällen sogar ermöglicht, Informationen über die Temperatur oder gar die chemische Zusammensetzung ihrer Atmosphären zu erhalten.

## Von der indirekten zur direkten Messung

Die Polarimetrie aber ist eine direkte Nachweismethode für Exoplaneten. Und direkte Methoden zur Beobachtung von Exoplaneten feierte die Wissenschaftszeitschrift «Science» Ende 2008 als «Durchbruch des Jahres». Die Polarimetrie nutzt den Umstand, dass Licht, das von einem Stern ausgeht und von einem Planeten reflektiert wird, polarisiert ist. Die Lichtwellen schwingen also vorzugsweise in eine Hauptrichtung. Dies ist eine grundlegende Eigenschaft von Planeten, die es den Forschern nebst dem Existenzbeweis erlaubt, Rückschlüsse auf die Atmosphäre und Oberflächeneigenschaften des Planeten zu ziehen. Der blaue Himmel der Erde zum Beispiel ist stark polarisiert, während die reflektierte Strahlung von der hohen und dichten Wolken-schicht der Venus nur wenig polarisiertes Licht zurückstrahlt. Merkur und Mars hingegen reflektieren von ihrer Oberfläche relativ wenig Licht, dies jedoch mit einer charakteristischen Lichtpolarisation. Am stärksten ist die Polarisation für einen Streuwinkel von 90 Grad.

Die Polarimetrie ist geeignet, um vor allem alte Planeten aufzuspüren, da diese meist kaum mehr Wärmeenergie abgeben, sondern praktisch nur Licht reflektieren. Junge Planeten hingegen mit einem Alter von weniger als 100 Millionen Jahren schrumpfen noch und geben Energie in

Form von Infrarotstrahlung ab, die ebenfalls messbar ist. «Leider sind junge Planeten unter den nahen und deshalb leicht beobachtbaren Sternen sehr selten», sagt Schmid.

Weil das reflektierte Licht von Exoplaneten ein sehr schwaches Signal ist, müssen die Astrophysiker mit Spezialinstrumenten arbeiten, die geringste Signale ausmachen können. Das Luftflimmern in der Erdatmosphäre stört jedoch diese Polarisations-signale. «Die Luftunruhe macht einen Punkt zur Scheibe», erklärt der Astronom. Forscher haben deshalb eine adaptive Optik entwickelt, die über deformierbare Spiegelelemente verfügt, die die Störungen des Bilds durch die Luftunruhe innert Sekundenbruchteilen ausgleichen. Damit lassen sich bis zu 80 Prozent dieser Störungen eliminieren.

## Das empfindlichste Messgerät

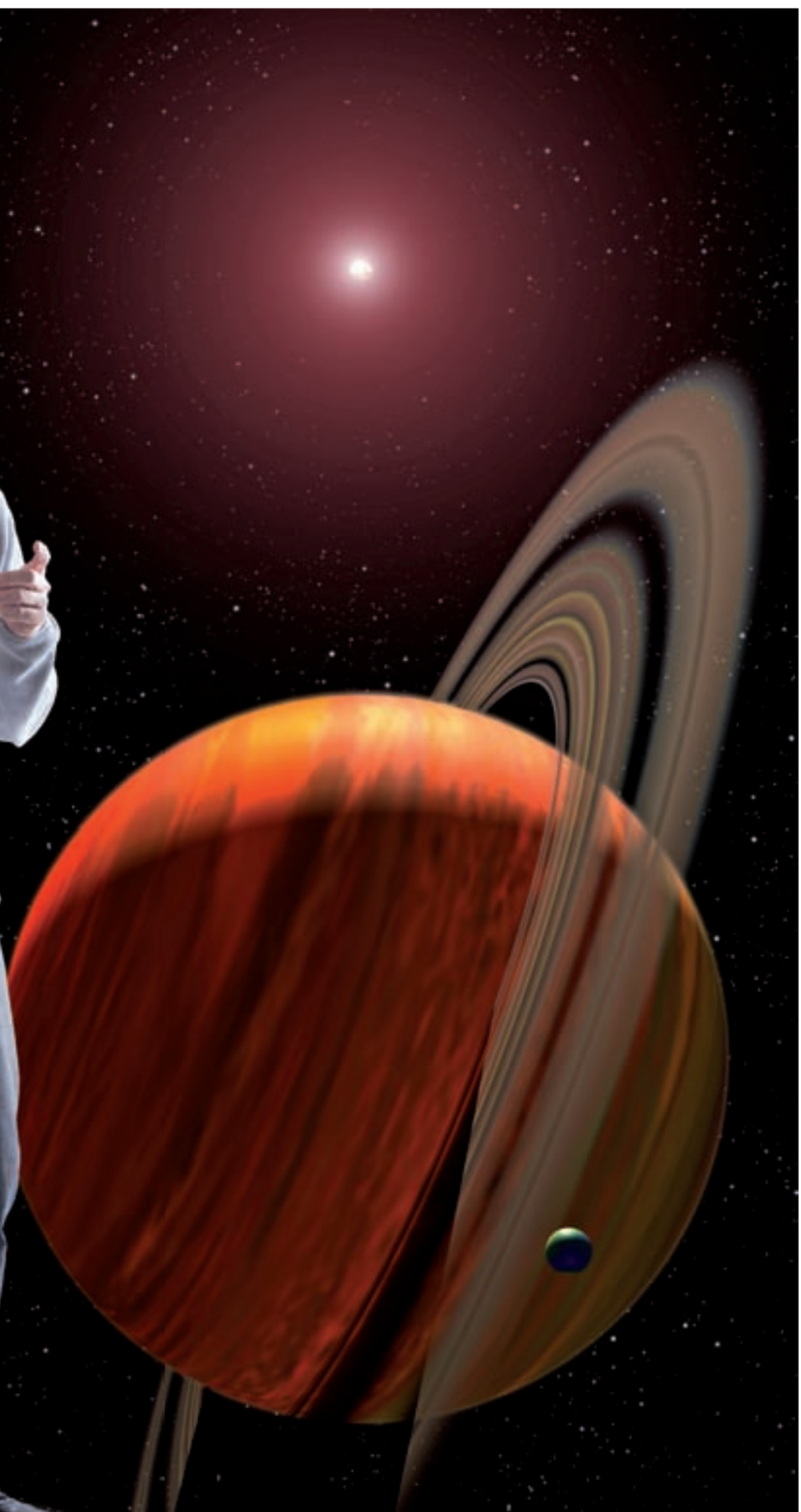
Seit seiner Doktorarbeit arbeitet Schmid mit der Polarimetrie. Er ist unter anderem am Bau des Zurich Imaging Polarimeter ZIMPOL beteiligt, eines hochempfindlichen Sensors, mit dem polarisiertes Licht von Planeten gemessen werden kann. Dieses Know-how möchte der Astronom auch bei SPHERE einbringen, einem Planetensuchinstrument, das ein Riesenteleskop der ESO (European Southern Observatory) ergänzen soll. SPHERE wird 2011 in Betrieb genommen und gilt als das empfindlichste Messgerät auf der Erde, mit dem Exoplaneten gesucht werden sollen. Schmid's Aufgabe ist es, das hochpräzise Polarimeter in das Teleskop zu integrieren. Er ist auch beteiligt an einer Machbarkeitsstudie für das ELT, das Extremely Large Telescope, der ESO. Das ELT soll einen Spiegel von 42 Metern Durchmesser erhalten und ZIMPOL soll ebenfalls darin integriert werden. //

Peter Rüegg

▸ [www.astro.phys.ethz.ch/instrument/zimpol/zimpol\\_nf.html](http://www.astro.phys.ethz.ch/instrument/zimpol/zimpol_nf.html)

▸ [schmid@astro.phys.ethz.ch](mailto:schmid@astro.phys.ethz.ch)

Hans Martin Schmid,  
Privatdozent am Institut  
für Astronomie der ETH  
Zürich, baut mit am hoch-  
empfindlichen Zürcher  
Sensor ZIMPOL, mit dem  
polarisiertes Licht von Pla-  
neten gemessen werden  
kann. Damit können auch  
sehr alte Planeten aufge-  
spürt werden.



Adrian Biland, Doktor der Teilchenphysik an der ETH Zürich, sorgte dafür, dass die 250 Spiegel des MAGIC-Teleskops genau justiert sind.





# Die magischen Spiegel auf La Palma

Auf den Kanaren steht das weltweit grösste Teleskop zur Beobachtung extrem hochenergetischer Gammastrahlen. Physiker der ETH Zürich wollen damit unter anderem neue physikalische Effekte entdecken.

Wer an der ETH Zürich in der MAGIC-Gruppe von Felicitas Pauss, Professorin am Institut für Teilchenphysik, eine Doktorarbeit schreibt, fährt jedes Jahr für einen Monat zum MAGIC-Teleskop nach La Palma (siehe Kasten). Beim ersten Mal freuen sich die meisten. Einen Monat lang bezahlt werden, um auf der Kanarischen Insel in den Himmel zu gucken, tönt verlockend. Wenn sie im Jahr darauf wieder fahren, sind sie weniger euphorisch. Sie wissen inzwischen: Ferien werden es nicht. Statt am Meer verbringen sie ihre Tage auf über 2000 Metern Höhe, zum Teil bei eisiger Kälte. Sonne sehen sie wenig, da sie den Nachthimmel beobachten – wenn es das Wetter zulässt an sieben Nächten pro Woche.

Die ETH-Wissenschaftler betreiben das Teleskop in Kollaboration mit Kollegen aus 20 weiteren Forschungsgruppen. In einem Rat ist jedes Institut vertreten, die ETH durch Adrian Biland, Doktor der Teilchenphysik. Er ist Koordinator der Arbeitsgruppe für «fundamentale Physik» und sitzt zudem im Gremium, das entscheidet, wie viel Zeit des Teleskops für welche Beobachtungen eingesetzt wird.

## Physik, wie sie sich in Labors nie zeigt

Im Namen der ETH setzt sich Biland speziell für die Beobachtung aktiver Galaxienkerne ein. Das sind supermassive Schwarze Löcher im Zentrum einiger Galaxien, die ganze Sterne verschlingen und dabei gewaltige Energien freisetzen. Die Forscher sprechen von AGN für «active galactic nuclei». In ihnen herrschen physikalische Extrembedingungen, wie sie nie im Labor erreicht werden können. Deshalb könnten sich an den Gammastrahlen, die das Teleskop aus diesen Quellen misst, physikalische Effekte zeigen, über deren Existenz bisher nur spekuliert wurde.

Sollte beispielsweise der Quantengravitationseffekt so auftreten, wie er von einigen Theoretikern postuliert wird, würde dies das Verständnis der Physik fundamental verändern: Die Lichtgeschwindigkeit wäre nicht konstant, sondern energieabhängig, und damit würde

ein Grundsatz der einsteinschen Relativitätstheorie umgestossen.

Allerdings sind die meisten AGN nur beobachtbar, wenn sie besonders aktiv sind – und das dauert jeweils nur wenige Tage und tritt zufällig auf. Für spannende Entdeckungen braucht es neben harter Arbeit also auch Glück. Da das MAGIC-Teleskop auch zahlreiche andere Objekte beobachten soll, bauen die ETH-Forscher nun mit Kollegen der Universitäten Zürich, Würzburg und Dortmund ein vor sechs Jahren abgeschaltetes, viel kleineres Teleskop wieder auf, das mit modernster Technik ausgerüstet ausschliesslich die sechs hellsten AGN beobachten soll. Wenn es eine ausserordentlich aktive Phase eines AGN feststellt, meldet es dies dem MAGIC-Teleskop, das dann in weniger als einer halben Minute automatisch auf das Objekt ausgerichtet werden kann, um besonders genaue Messungen zu machen.

Dies ist so schnell möglich, weil MAGIC in neuartiger Leichtbauweise errichtet wurde. Das hat allerdings auch einen Nachteil: Das 17 Meter grosse Teleskop verzieht sich, wenn es gedreht wird. Um es präzise zu fokussieren, müssen die 250 Einzelspiegel jeweils mit Motoren genau justiert werden. Es war vor einigen Jahren die Aufgabe Adrian Bilands, diese Justierung fehlerfrei zum Laufen zu bringen. Längst klappt es und er könnte sich wieder mehr mit Beobachtungsergebnissen als mit Technik befassen – wenn nicht gerade das MAGIC-II-Teleskop gebaut würde, um mittels Stereobeobachtungen deutlich verbesserte Messungen zu ermöglichen. Mit ihren Beobachtungen suchen die Physiker auch nach der geheimnisvollen «Dunklen Materie», die das Universum zusammenhält. Häufig wird dafür das Neutralino verantwortlich gemacht, ein Teilchen, von dem noch niemand weiss, ob es existiert. Felicitas Pauss sucht sowohl mit dem MAGIC-Teleskop wie auch in einem weitgehend komplementären Experiment mit dem neuen Teilchenbeschleuniger am Kernforschungszentrum CERN in Genf nach dem Neutralino. Adrian Biland erklärt: «Falls man keine Spuren des

Neutralinos sieht, ist man keinen Schritt weiter. Falls man es findet, ist es eine Sensation.»

## Blick ins Archiv des Universums

Aus der Beobachtung der AGN ziehen die Forscher auch Rückschlüsse auf die Geschichte des Universums. Das Universum dehnt sich seit seiner Entstehung – dem Urknall – aus. Dabei werden auch die elektromagnetischen Wellen gestreckt, wodurch das sichtbare Licht des frühen Universums zu Infrarotstrahlung wird. Biland bezeichnet die Infrarotstrahlung deshalb als «Archiv des sichtbaren Universums».

Die intergalaktische Infrarotstrahlung schwächt die hochenergetische Gammastrahlung ab, weshalb die Physiker umgekehrt aus der gemessenen Gammastrahlung schliessen, wie die Infrarotstrahlung im All verteilt ist. Ihre Resultate geben beispielsweise Hinweise darauf, ob zuerst Protogalaxien entstanden sind oder ob zuerst Sterne da waren, die sich dann zu Galaxien zusammenballten. Die Messungen deuten auf Letzteres – um sicher zu sein, sind aber noch zahlreiche Nachtschichten von Doktoranden auf La Palma nötig. //

Niklaus Salzmann

✚ <http://wwwmagic.mppmu.mpg.de/>  
✚ [biland@particle.phys.ethz.ch](mailto:biland@particle.phys.ethz.ch)

Das MAGIC-Teleskop ist das weltweit grösste Cherenkov-Teleskop. Damit wird hochenergetische Gammastrahlung gemessen, wie sie zahlreiche Quellen im Universum aussenden. Es wurde Gammastrahlung aus bis zu fünf Milliarden Lichtjahren Entfernung – beinahe dem halben Radius des sichtbaren Universums – gemessen. Beim Auftreffen auf die Atmosphäre generiert die Strahlung zahlreiche andere Teilchen. Sie senden Lichtblitz aus. Es sind Cherenkov-Blitze, die das Teleskop misst, wozu eine spezielle Kamera zwei Milliarden Bilder pro Sekunde aufnimmt.

# Der Herr der europäischen Tore zum Universum

Seit dem letzten James-Bond-Film kennt fast jeder das ESO-Observatorium auf dem Paranal in Chile, doch die wenigsten wissen, wofür ESO steht. Tim de Zeeuw, Generaldirektor der Europäischen Südsternwarte (ESO), erklärt, wie dort Technik, Politik und Geist gemeinsam nach den Sternen greifen.

## Herr de Zeeuw, was macht Astrophysik derzeit so faszinierend?

Heute ist der Zeitpunkt, an dem einige der grossen Fragen der Menschheit mit Hilfe der Technik beantwortet werden könnten. Entscheidend ist, dass wir erstmals in der Geschichte der Astronomie die technischen Möglichkeiten haben, selbst sehr schwache Spuren in den entferntesten Winkeln des Universums aufzuspüren. Wir können heute Licht empfangen, das 13 Milliarden Lichtjahre und mehr entfernt ist, das heisst, wir blicken 13 Milliarden Lichtjahre in die Vergangenheit. Wir schauen damit im Grunde fast bis zum Urknall zurück. Selbstverständlich gibt es dabei ein paar Herausforderungen: Man muss zum Beispiel wissen, wohin man schauen muss, um etwas zu finden... Die gleiche Technologie erlaubt uns, unser Wissen über näher gelegene Sterne zu vertiefen. Wir wissen heute zum Beispiel, dass es mehrere Planetensysteme gibt, bei denen Planeten wie unsere Erde um eine Sonne kreisen. Wir sind die erste Generation, die nicht nur darüber spekulieren kann, dass es so etwas geben muss, sondern die, die es physisch beobachten kann. Bei einigen können wir sogar Messungen über die Zusammensetzung der Atmosphäre machen. Die nächste Frage wäre dann: Könnte es dort irgendwo Leben geben?

## Was ist die Aufgabe der ESO?

ESO ist eine Organisation von Mitgliedern aus

verschiedenen europäischen Staaten, die gemeinsam Observatorien von Weltklasseformat betreiben. Kleine Teleskope können von einzelnen universitären Gruppen gebaut werden oder von einzelnen Ländern. Aber die wirklich grossen Anlagen, die wir brauchen, um die eingangs genannten Fragen zu lösen, können nur im Verbund entwickelt und betrieben werden. Und genau das tun wir.

## Wie ist die ESO entstanden?

Die Idee dazu entstand in den späten 50er-Jahren. Interessanterweise gab es damals auf beiden Seiten des Atlantiks etwa gleichzeitig ähnliche Bedürfnisse. In den USA setzte man auf ein universitäres Netzwerk. In Europa kam man im Gegensatz dazu auf die Idee, im internationalen Staatenverbund etwas aufzubauen. Resultat des europäischen Verbunds war ein Teleskop in Chile, das man damals gross nannte – heute wird es zu den mittelgrossen Teleskopen gezählt.

Die ESO wurde von fünf Ländern gegründet. Heute gibt es 14 ESO-Mitgliedstaaten. Die Schweiz ist seit 1981 dabei.

## Wie hat sich die Erweiterung von Europa ausgewirkt? Gibt es auch unter den jüngsten europäischen Staaten solche, die der ESO beitreten möchten?

Man muss dazu sagen, dass es zu dem Zeitpunkt, als das ursprüngliche Observatorium

gebaut wurde, mehrere Regionen gab, die über Observatorien der gleichen Grösse verfügten. Der nächste grosse Entwicklungsschritt kam, als das VLT (Very Large Telescope) auf dem Cerro Paranal gebaut wurde, das dann unser Flaggschiff wurde. Dies hat die wissenschaftlichen Möglichkeiten enorm erweitert. Dieser Erfolg hatte dann grossen Einfluss auf das Interesse, das Staaten an einer Mitgliedschaft bekundeten. Die Entwicklung der ESO ist also weniger davon abhängig, wie sich die EU entwickelt hat, als vielmehr von inhaltlichen Gesichtspunkten. Der Durchbruch kann in dem Augenblick, als alle Welt sagte: «Hey, dieses Programm ist so gut, da müssen wir dabei sein!» In den letzten Jahren kamen Portugal, Finnland, Spanien, Tschechien und Österreich zu uns. Diese Beitritte erfolgten einfach deshalb, weil die Forschungsprogramme so erfolgreich waren.

## Suchen Sie aktiv nach neuen Mitgliedern?

Ja, wir schauen uns sehr aktiv nach neuen Mitgliedstaaten um, auch über die Grenzen von Europa hinaus.

## Was sind die Argumente, mit denen Sie potenzielle Mitglieder überzeugen?

Wir haben ein anspruchsvolles Programm und wir haben stabile Strukturen. Wir sind nicht von jährlichen Budgettrunden abhängig, sondern von langfristigen Finanzierun-



Tim de Zeeuw, Direktor der ESO (European Organisation for Astronomical Research in the Southern Hemisphere), ist zuversichtlich, bald mit dem Bau des grössten Teleskops der Zukunft beginnen zu können.

gen. Wir starten Hochqualitätsprojekte nicht, indem wir ohne Geld beginnen, und sagen, «lasst uns einmal sehen, wohin wir kommen», sondern wir nehmen die Dinge dann in Angriff, wenn wir sicher sein können, dass wir sie auch erfolgreich zu Ende bringen werden. Das und die gute Zusammenarbeit der Mitglieder machen die Qualität der ESO aus.

#### **Was waren die wichtigsten wissenschaftlichen Ergebnisse der letzten Jahre?**

Das VLT liefert immer noch hervorragende Bilder aus dem Universum. So haben wir grossartige Erkenntnisse über das Monster, ein grosses Schwarzes Loch, das in der Mitte unserer Galaxie lauert, gewonnen. Ausserdem haben wir neue Entdeckungen aus den Tiefen des Universums gemacht, die uns erklären, was in den Frühzeiten des Universums geschehen ist: Astronomen konnten mit dem VLT und einem neuen Instrument, CRIRES genannt, planetenbildende Staub- und Gasscheiben beobachten, die sich um junge, sonnenähnliche Sterne herum bilden.

#### **«Ich finde es wichtig, dass wir die technologischen Grenzen gemeinsam immer weiter ausreizen.»**

#### **Gibt es nebst den wissenschaftlichen Erkenntnissen auch andere Resultate aus der Arbeit von ESO?**

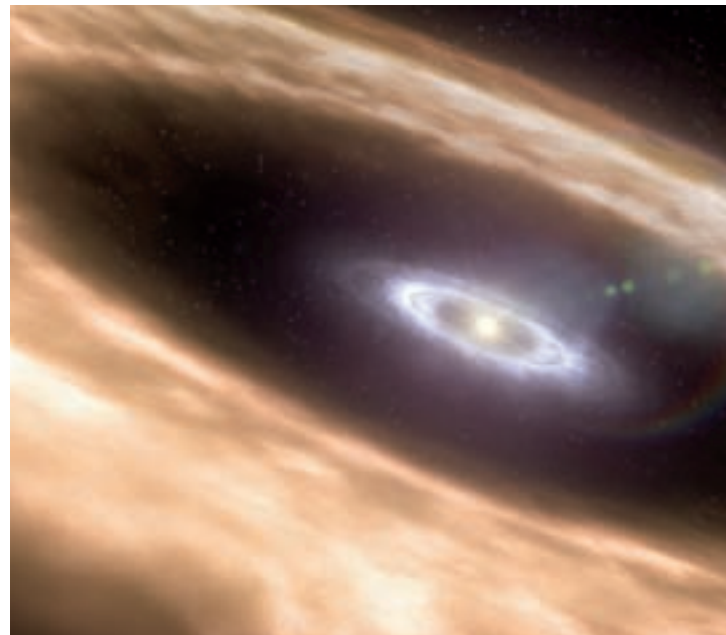
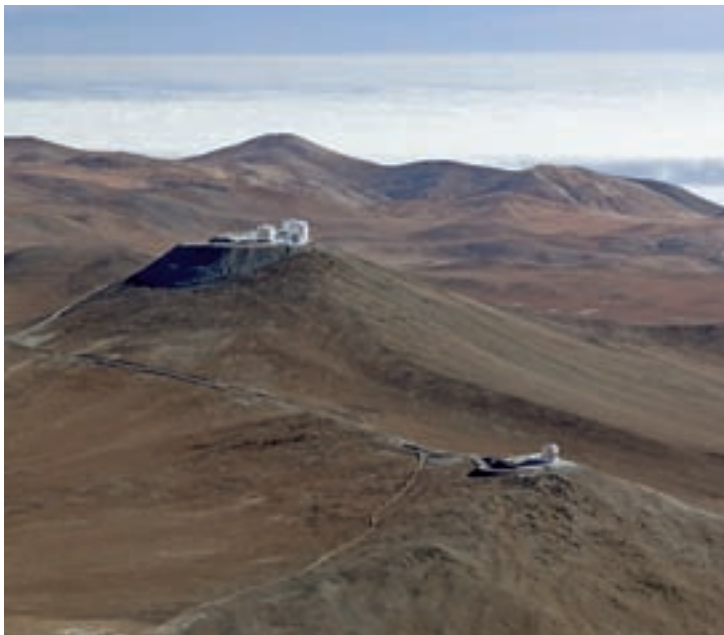
Es gibt eine Reihe weiterer Aspekte, die ESO interessant machen. Unsere Mitgliedstaaten schätzen es sehr, dass wir unsere Instrumente nicht im universitären Rahmen, sondern zusammen mit der Industrie entwickeln und bauen. So gibt es immer neue Herausforderungen für Hochtechnologieunternehmen aus den Bereichen Optik, Grossanlagenbau und Präzisionsinstrumentenbau. Ich finde es wichtig, dass wir die technologischen Grenzen gemeinsam immer weiter ausreizen.

#### **Welche Impulse gibt die Arbeit von ESO für Technologien ausserhalb des Teleskopbaus?**

Es entstehen immer wieder Technologien und Anwendungen, die niemand vorhergesehen

hat. Die Tatsache, dass wir mit unseren Mobiltelefonen im gleichen Raum mit unterschiedlichen Leuten telefonieren können, ohne dass sich die Frequenzen gegenseitig stören beispielsweise, ist auf eine Entwicklung von Radioastronomen zurückzuführen, die darauf aus waren, schwächste Signale aus den Tiefen des Universums zu empfangen, ohne dass sie von störenden Signalen überlagert wurden. Dann wurde daraus eine Technologie, die weltweit in der Mobiltelefonie genutzt wird.

Ein weiteres Beispiel: Die Bilder, die unsere Teleskope auf elektronischem Weg produzieren, haben oft kleine Schäden und Verzerrungen, verursacht von kosmischen Strahlungen. Nun hat man Computerprogramme entwickelt, die solche Schäden ausgleichen und das Bild sozusagen reparieren. Die gleiche Technik kann heute im medizinischen Bereich eingesetzt werden. Man hat beispielsweise herausgefunden, dass man bei Mammografien zur Brustkrebsuntersuchung die Röntgenstrahlendosis auf ein Zehntel im Vergleich zu früher reduzieren kann, wenn man diese Technik der Bildverbesserung einsetzt.



Links: Das Observatorium der ESO auf dem Cerro Paranal in Chile. Rechts: Ein astronomisches Highlight des letzten Jahres: Mit dem VLT (Very Large Telescope) der ESO konnten Staub- und Gasscheiben beobachtet werden, aus denen sich vermutlich Planeten um sonnenähnliche Sterne bilden.

### Wer bestimmt denn, was bei der ESO entwickelt und geforscht wird?

Hier muss man unterscheiden zwischen den Beobachtungsprogrammen und den Projekten zum Bau von Teleskopen.

Bei den Beobachtungsprogrammen geht es vor allem darum, zu entscheiden, wem wie viel Beobachtungszeit an den Teleskopen zusteht. Da herrscht ein sehr harter Wettbewerb. Forschungsgruppen aus ganz Europa schicken uns ihre Forschungsanträge. Wir bekommen alle sechs Monate etwa 1000 Proposals. Berücksichtigen können wir etwa 200 oder maximal 250. Es gibt ein ausgefeiltes Prozedere mit Komitees und Panels, um die Eingaben wissenschaftlich zu begutachten und zu bewerten. Beteiligt sind ungefähr 70 Gutachter. Das Leitungsgremium der Gutachter gibt Empfehlungen an mich ab, welche Proposals berücksichtigt werden sollen. Die Entscheide hier fallen also im Wesentlichen durch peer review.

Im Grunde ist es bei den Entscheiden, welche Instrumente wir bauen wollen, ähnlich. Es gibt in den Mitgliedstaaten viele Leute mit Ideen. Sie schreiben Proposals und reichen sie bei unserem technischen Komitee ein. Dieses begutachtet die Proposals und gibt Empfehlungen ab. Über diese befindet dann der ESO Council, unser höchstes Gremium.

### Wie sind die Staaten, die das Geld geben, in diese Prozesse involviert?

Sie sind im ESO Council vertreten. Jedes Land hat zwei Delegierte, mindestens einer davon ist Astronom, der zweite vertritt im Allgemeinen das Ministerium oder die geldgebende Organisation. Im Prinzip gibt dieses Gremium dann den Auftrag, ein bestimmtes Projekt durchzuführen.

### Ist es schwierig, politische und wissenschaftliche Interessen auszubalancieren?

Nein – im Gegensatz zu einigen anderen Organisationen, beispielsweise zur Raumfahrtagentur ESA, haben wir eine relativ einfache Situation. Die Aufgaben der ESA bestehen darin, erstens Raketen zu bauen, zweitens Satelliten in den Weltraum zu schicken und drittens Wissenschaft zu betreiben. Wir, die ESO, haben nur den einen Auftrag, nämlich Teleskope für die Wissenschaft zu bauen und zu betreiben. Die Triebfeder hier ist ganz klar, erstklassige Wissenschaft zu ermöglichen.

### Haben verschiedene Staaten unterschiedliche Forschungsinteressen?

Es gibt Unterschiede. Manche Länder investieren viel in die astronomische Forschung, andere weniger. Es gibt auch in verschiedenen Ländern unterschiedliche Forschungsschwerpunkte innerhalb der Astronomie. Aber

heute wird astronomische Forschung ohnehin meist in international zusammengesetzten Forschungsgruppen betrieben; die nationalen Einzelgänge gehören eindeutig der Vergangenheit an. Die Zuteilung von Beobachtungszeit erfolgt ausschliesslich nach Kriterien der wissenschaftlichen Exzellenz und ganz ohne jede Berücksichtigung nationaler Herkunft.

### Welche Rolle spielt die Schweiz in der ESO? Gibt es einen speziellen Fokus der Schweizer Wissenschaft, der sich bemerkbar macht?

Die Schweiz ist einer der Mitgliedstaaten, die sehr konstruktive Beiträge bringen. Sie stehen ganz und gar hinter dem Gedanken, dass das Ganze mehr ist als die Summe der Einzelteile und dass die ESO etwas Besonderes eben aufgrund dieser ausgezeichneten Zusammenarbeit ist. Wissenschaftliche Schwerpunkte liegen etwa im Bereich der Suche nach unentdeckten Planeten oder in der Untersuchung der Frühzeiten des Universums.

### Welche Zukunftsprojekte hat die ESO?

ESO ist Teil einer globalen Partnerschaft, die die USA, Kanada und Ostasien umfasst, die das Radioteleskop ALMA in Nordchile baut und betreibt, das, wie ich meine, einer der grossartigsten Orte unseres Planeten ist. Es liegt auf einer Hochebene mehr als 5000 Meter über dem Meer und ich kann Ihnen versichern, dass

«Es gibt heute eine Tendenz, etwas kurzfristig orientiert vor allem die Gebiete zu bevorzugen, die in kurzer Zeit viel Geld versprechen, die mir manchmal Sorgen macht.»

die Luft dort recht dünn ist. Dieses Teleskop wird in wenigen Jahren in Betrieb gehen. Wir werden damit den Klängen des Universums lauschen.

Ausserdem entwickeln wir das grösste traditionelle Teleskop der Zukunft, das einen Spiegeldurchmesser von 42 Metern haben wird – das E-ELT. Wir sind mit den Planungen so weit, dass wir das Projekt in etwa zwei Jahren wirklich starten können. Der Bau wird dann nochmals zusätzliches Geld benötigen.

#### **Wird die gegenwärtige Finanzkrise negative Auswirkungen auf das E-ELT-Projekt haben?**

Das ist schwer zu beurteilen. Das E-ELT-Projekt hat für alle europäischen Astronomen höchste Priorität und auch in der europäischen Forschungspolitik steht es auf der Agenda an vorderster Stelle.

Frühere Krisen haben gezeigt, dass es ein guter Rat ist, in solchen Zeiten nicht auf Investitionen in Hochtechnologie zu verzichten. Der Bau eines Teleskops dieser Grössenordnung ist ein Langzeitprojekt und nicht etwas, das man in wenigen Monaten in einer Garage entwickeln kann.

Das Projekt verspricht einen grossen Sprung nach vorn in der Wissenschaft und zugleich interessante Anreize für die beteiligten Industrien. Dies ist sicher ein besserer Weg, sein Geld auszugeben, als mancher andere. Ich bin na-

türlich kein Ökonom, aber meine Meinung ist ganz klar: Dies ist gut investiertes Geld.

#### **Warum wurden Sie Astronom?**

Es war ein Erlebnis, das viele Menschen haben. Als kleiner Junge faszinierte mich der Nachthimmel und ich wollte wissen, was sich dort oben verbirgt. Ich begann, Bücher darüber zu lesen. In der Schule interessierte ich mich besonders für Physik und Mathematik. Als ich an die Universität kam, konnte ich mich nicht zwischen einem Physikstudium und einem Mathematikstudium entscheiden. Und dann entdeckte ich, dass ich mit einem Astronomiekurs beides in Hülle und Fülle haben würde. Diese Entdeckung war in gewissem Sinn schicksalhaft, denn ich blieb bei der Astronomie.

#### **Begeistert unser Schulsystem Kinder genügend für Mathematik und Physik?**

Bei mir hats funktioniert. Heute mache ich mir manchmal etwas Sorgen. Es gibt eine Tendenz, etwas kurzfristig orientiert vor allem die Gebiete zu bevorzugen, die in kurzer Zeit viel Geld versprechen. Physik und Mathematik haben ihre eigenen Schönheiten, aber sie gehören nicht zu diesen Gebieten. Sie sind jedoch für unsere Gesellschaft extrem wichtig. So wie wir Künstler, Musiker, Maler und Schriftsteller brauchen, brauchen wir Astronomen, Mathematiker und Physiker, die über die grossen Fra-

gen der Wissenschaft nachdenken, auch wenn dies nicht direkt in Geld umgemünzt werden kann. Wenn wir nur kurzfristig auf die Realität starren, dann gibt es keinen wissenschaftlichen und keinen gesellschaftlichen Fortschritt.

#### **Glauben Sie, dass es Leben auf anderen Planeten gibt?**

Ja. //

Interview: Martina Märki

ESO, die europäische Organisation für astronomische Forschung in der südlichen Hemisphäre, ist eine internationale Wissenschafts- und Technikorganisation, die ehrgeizige Programme zum Bau, Betrieb und zur Entwicklung von bodenstationierten Grossteleskopen durchführt. ESO unterhält das Very Large Telescope VLT auf dem Paranal in Chile.

Seit September 2007 ist Prof. Dr. Tim de Zeeuw Direktor der ESO. Tim de Zeeuw studierte Mathematik und Astronomie an der Universität Leiden, wo er später als Professor für theoretische Astronomie tätig war.

🌐 [www.eso.org](http://www.eso.org)

# Astronomie – Kulturerbe der Menschheit

Die Astronomie mit ihrer Geschichte hat einen hohen Bildungswert. Trotzdem ist sie aus den Lehrplänen verschwunden. Astronomisches Wissen wird in der Schweiz vor allem von den Amateurastronomen vermittelt. Hans Roth, Vizepräsident der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft, der auch als Sternwarten-demonstrator wirkt, erklärt warum.

«Zum Kulturerbe gehören nebst den Bauten und Kunstwerken, nebst den überlieferten Mythen und Legenden auch die naturwissenschaftlichen Weltbilder – ja auch die Irrtümer auf dem Weg zu den Erkenntnissen. Wie sich die verschiedenen Kulturen die Welt ausserhalb der Erde vorgestellt haben, wie sich diese Vorstellungen entwickelten, das gehört zu den spannendsten Kapiteln der Geistesgeschichte.

Unser Weltbild handelt nicht mehr vom Wirken der Götter. Wir haben Naturgesetze gefunden, die nicht nur auf der Erde, sondern auch im Sonnensystem, in der Milchstrasse, ja vielleicht im ganzen Universum gleichermaßen gelten. Dafür ist die Anschaulichkeit verloren gegangen. Tag und Nacht werden nicht mehr durch Helios erklärt, der die Sonne auf einem Wagen über den Himmel führt. Nicht die Sonne bewegt sich, sondern der Boden, auf dem wir ruhig stehen, dreht sich mit Schallgeschwindigkeit um die Erdachse, und die ganze Erde läuft mit einer noch hundertfach grösseren Geschwindigkeit um die Sonne. Diese Erkenntnisse sind jetzt etwa 400 Jahre alt, aber sie sind gefühlsmässig nicht und gedanklich nur schwer zu fassen; direkt beobachtbar sind sie ohnehin nicht.

**«Wir kommen um die Feststellung nicht herum: Kinder werden mit ihren Fragen zur Astronomie allein gelassen.»**

Die Astronomen sind heute, wie die Naturwissenschaftler alle, Spezialisten. Ihr Wissen ist nur noch einem kleinen Teil der Menschheit überhaupt zugänglich; zum Verständnis im Detail gelangen nur noch ganz wenige. Das hat auch politische Folgen, deren sich die Wissenschaftler immer noch nicht recht bewusst sind. Wer ein technisches Gerät, sei es ein Natel, ein CD-Player oder schon nur ein Kühlschranks, lediglich als Blackbox verstehen kann (und will), wird sich auch nicht für wissenschaftliche Erkenntnisse interessieren und Forschung vermutlich als reine Geldverschwendung betrachten.

Die Astronomie hat da einen grossen Vorteil. Der Faszination des Sternhimmels kann sich wohl niemand ganz entziehen. Und so haben die meisten Menschen den Wunsch, etwas über die Sterne zu erfahren. Darin sehen die Amateurastronomen ihre Aufgabe; sie übernehmen die Verbreitung astronomischen Wissens in der Bevölkerung. So werden in der ganzen Schweiz jährlich Zehntausende von Interessenten in den Vereinssternwarten empfangen. Durch die Erklärungen beim Blick durch die Fernrohre erhalten die Besucher immer auch einiges an astronomischen Grundkenntnissen mit auf den Weg. Und auch die kulturgeschichtlichen Aspekte kommen nicht zu kurz. Jeder Sternwartendemonstrator hat schon besondere «Sternstunden» erlebt, Abende,

an denen die Fernrohrbeobachtung zu tiefen Gesprächen über Gott und die Welt führte.

## Zwei besondere Anliegen

Die Schweizerische Astronomische Gesellschaft nimmt das Jahr der Astronomie zum Anlass, zwei Bereiche intensiver zu bearbeiten: Schulbildung und Lichtverschmutzung.

Wir kommen um die Feststellung nicht herum: Kinder werden mit ihren Fragen zur Astronomie allein gelassen. Die Lehrkräfte aller Stufen sind in der Regel damit überfordert und getrauen sich nicht, ihr vielleicht nicht sicher verankertes Wissen weiterzugeben. Denn Astronomie ist kein Thema der Lehrerbildung, so wie ja auch Astronomie als Schulfach nicht mehr stattfindet. Hier könnten sich die Amateurastronomen vermehrt einbringen. Natürlich möchten die Erziehungsdepartemente Fachleute als Referenten für Weiterbildungskurse. Die meisten Demonstratoren der Sternwarten wären aber fachlich absolut kompetent, um Lehrkräften astronomische Grundkenntnisse zu vermitteln. An der Motivation der Lehrkräfte würde es nicht liegen; das zeigt der Erfolg der Astronomiekurse der Luzerner Lehrerweiterbildung.

Ein immer dringenderes Problem ist die Nachthelligkeit. Dunkle Abendhimmel wie in den Bergferien kann man im Mittelland nicht mehr erleben. Die Milchstrasse ist zu etwas Exotischem geworden, nur noch zu erkennen, wenn man auf einem Berg steht, möglichst über einem Nebelmeer, in dem sich das Streulicht verfängt. Abhilfe wäre dabei im Prinzip ganz einfach: kein Licht erzeugen, das nach oben weggeht! Die Aufhellung durch am Boden zurückgestrahltes Licht kann akzeptiert werden, aber direktes Licht über die Horizontale hinaus nach oben nicht. Dieses Licht ist ja auch für jeden sinnvollen Zweck verloren. Die Amateurastronomen verbinden das Jahr der Astronomie mit der Hoffnung, ihre Anliegen vermehrt in die Öffentlichkeit tragen zu können.» //

Hans Roth, Jahrgang 1945, studierte Mathematik an der ETH und wirkte bis 2007 als Lehrer für Mathematik und Physik an der Kantonsschule Olten. Seit 1962 beschäftigt er sich mit Astronomie. Er ist Herausgeber des astronomischen Jahrbuchs «Der Sternenhimmel» und Vizepräsident der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft (Dachverband der Amateurreine).

- ☛ [sas.astronomie.ch](http://sas.astronomie.ch)
- ☛ [darksy.ch](http://darksy.ch)
- ☛ [sternenhimmel.info](http://sternenhimmel.info)
- ☛ [www.alte-kanti-aarau.ch](http://www.alte-kanti-aarau.ch)
- ☛ [astroinfo.org](http://astroinfo.org)







# Das Weltall als Laboratorium

Sind Astrophysiker der Schöpfung auf der Spur? Irgendwie schon, findet Patrick Joos, der an der ETH Zürich Astrophysik studiert. Und es sei erstaunlich, wie weit man dabei mit etwas Mathematik komme.

«Seit ich mich in meinem Studium mit Astrophysik beschäftige, führe ich immer wieder Gespräche mit Bekannten, die sich dafür interessieren, was ich lerne. Dabei fällt mir oft auf, dass die Gedanken an das unbekannte Universum bei vielen Menschen besondere Emotionen auslösen. Der Himmel über Mitteleuropa hat zwar durch die Lichtverschmutzung an Glanz verloren, ist aber noch immer beeindruckend genug, um uns alle zu ganz eigenen Vorstellungen vom Kosmos anzuregen. Aus Sicht der Physik sind die meisten naiven Vorstellungen zwar falsch – allerdings ist auch das Weltbild der Astrophysiker noch keineswegs komplett!

Um nur einige Beispiele zu nennen: Eine überraschende Erkenntnis der modernen Kosmologie ist etwa, dass unser Universum von riesigen Mengen unbekannter Materie erfüllt ist, die sich nur durch ihre Schwerkraft bemerkbar macht. Unser Eindruck, den wir hier auf der Erde erhalten, ist falsch: Sterne, Gas und andere Formen gewöhnlicher Materie bringen insgesamt weniger als fünf Prozent des Gesamtgewichts des Universums auf die Waage. Noch mysteriöser ist die Frage nach der dunklen Energie, die die Expansion des Weltalls beschleunigt.

Ein weiteres aktuelles Beispiel ist die Frage nach den Bedingungen für das Leben im Weltall. Erst 1990 wurden die ersten Planeten ausserhalb unseres Sonnensystems entdeckt, inzwischen sind es bereits 340 Planeten (Stand: 10. Februar 2009). Wie einzigartig unser Heimatplanet wohl ist? Inwiefern beeinflussen diese Entdeckungen unsere Selbsterkenntnis?

**«Das Spannendste an der Astrophysik aus der Sicht eines Studenten ist, dass sie alle Gebiete der klassischen wie der modernen Physik zusammenführt.»**

Um diese Rätsel zu lösen, werden wir vermutlich noch viele unserer lieb gewonnenen Vorstellungen aufgeben müssen. Das Universum ist, trivial formuliert, fantastisch konstruiert. Dass es aus sich selbst heraus Kreaturen hervorbringt, die in der Lage sind, etwas über diese Konstruktion zu lernen, ist eine umwerfend erstaunliche Tatsache. Meiner Ansicht nach muss es dafür eine tiefere Erklärungsebene geben. Die Physik kann dazu beitragen, diese zu enthüllen, doch sie wird das Mysterium vielleicht nicht alleine entschlüsseln können. So glaube ich daran, dass wir in den Naturwissenschaften von den östlichen Philosophien lernen können. Persönlich finde ich auch einen Schöpfungsgedanken reizvoll. Die Wissenschaft spricht auf eine ganz andere Weise von Wirklichkeit als die Religionen, doch wir können beiden mit Neugier und Offenheit begegnen.

Natürlich habe auch ich mich zunächst wegen der Dunklen Materie und der Schwarzen Löcher für die Astrophysik begeistert, wegen den Milliarden von Galaxien und fernen, fremdartigen Welten, der Schönheit der Milchstrasse und der aufregenden Möglichkeit, im Weltall Leben zu finden.

Heute stehen für mich andere Aspekte im Vordergrund. Das Spannendste an der Astrophysik aus der Sicht eines Studenten ist, dass sie alle Gebiete der klassischen wie der modernen Physik zusammenführt. Um das Weltall zu verstehen, benötigen wir klassische Mechanik und Quantenmechanik genau wie Elektrodynamik, Thermodynamik, spezielle und allgemeine Relativitätstheorie.

Das Weltall ist ein riesiges Laboratorium, in dem man der Natur sozusagen bei der Arbeit zuschauen und dabei diese Theorien überprüfen kann. Andererseits ist es erstaunlich, wie viel man trotz Komplexität und Vielfalt der Themen noch immer mit Hilfe der Grundlagen der Physik und «a little bit of mathematics» über das Universum herausfinden kann: über die Bahnen der Planeten, die Entfernungen von Sternen und Galaxien, die Temperaturen und chemischen Zusammensetzungen von Sternen und von interstellarer Materie und schliesslich die ganz grosse Geschichte vom Geborenwerden, Leben und Sterben in kosmischen Massstäben.

Die wichtigsten Informationsträger aus dem Weltall sind auch heute noch die elektromagnetischen Wellen. Anders als zu den Anfangszeiten der Astronomie können wir längst viel mehr als nur das sichtbare Sonnenlicht beobachten. Hochenergetische Gammastrahlung erreicht uns von Neutronensternen, die die gesamte Masse der Sonne in einem Radius von zehn Kilometern vereinen. Die Entdeckung der kosmischen Hintergrundstrahlung im Bereich der Mikrowellen lieferte wichtige Informationen über die Entstehung des Universums im Big-Bang-Modell.

Der grosse Physiker Richard Feynman fragte einmal suggestiv: «What men are poets who can speak of Jupiter if he were like a man, but if he is an immense spinning sphere of methane and ammonia must be silent?» Es schadet dem Geheimnis nicht, wenn wir es noch etwas weiter enthüllen. Was denken Sie?» //

Patrick Joos studiert Astrophysik an der ETH Zürich.

# Astronomie an der ETH entdecken!

Galileo Galilei hat 1609 als erster Mensch den Himmel mit einem Teleskop beobachtet und dabei bahnbrechende Entdeckungen gemacht. 400 Jahre später nun ist das Jahr 2009 von der UNO zum internationalen Jahr der Astronomie erklärt worden.

Die ETH Höggerberg nimmt dies zum Anlass, die Astronomie mit einer Ausstellung und verschiedenen Vorträgen einer breiten Öffentlichkeit näher zu bringen.

Tauchen Sie ein in die faszinierende Welt des Galileo Galilei. Sie werden dabei nicht nur das astronomische Weltbild des Mittelalters und die Weiterentwicklung der Teleskope entdecken, sondern Sie können auch aktuelle Forschungsergebnisse über Sterne, Galaxien und das expandierende Universum erkunden.

## **Ausstellung: 4.–29. April 2009 «Bis zur Grenze des sichtbaren Universums»**

ETH Höggerberg, Öffnungszeiten: Mo–Fr von 9–19 Uhr (ohne allgemeine Feiertage)

Ausstellung zur Entwicklung der Astronomie von Galileo Galilei bis heute.

Geführte Rundgänge mit Astronomen.

Der Eintritt zu allen Veranstaltungen ist frei!

Das aktualisierte, vollständige Programm finden Sie auf [www.astro.ethz.ch](http://www.astro.ethz.ch)

## Eröffnungsprogramm 4. und 5. April:

An diesen beiden Tagen haben Sie Gelegenheit, sich von verschiedenen Astronomen das Universum aus einer ganz andern Perspektive erklären zu lassen.

Ausstellung der einzigartigen Originalbücher von Galileo Galilei und Kopernikus. Gezeigt werden aber auch andere historische Himmelsatlanten aus dem Bestand der ETH-Hauptbibliothek.

### Samstag 4. April: Astronomie-Abend

Treffpunkt Science City, ETH Höggerberg, Gebäude HPH

#### 16–23 Uhr Himmelsbeobachtungen

Bei schönem Wetter können Sie auf dem Gelände der ETH Höggerberg mit Teleskopen die Sonne, den Mond, den Saturn und andere Himmelsobjekte beobachten. Durchgeführt in Zusammenarbeit mit der Astronomischen Gesellschaft Urania Zürich (AGUZ).

### Sonntag 5. April: Astronomie-Tag

Treffpunkt Science City, ETH Höggerberg, Gebäude HPH

#### 11–16 Uhr

Vorträge über Astronomie für die Bevölkerung, Kindervorlesung über Planeten, Astronomie-Ausstellung «Bis zur Grenze des sichtbaren Universums»

## Weiteres Programm:

### Mittwoch 15. April: Sternstunden am Abend

Science City, ETH Standort Höggerberg

**19.30–21 Uhr Astronomie – Astrologie: Was uns die Sterne sagen**  
Podiumsdiskussion mit Harry Nussbauer, Professor für Astronomie der ETH Zürich, Monika Kissling, Astrologin («Madame Etoile») und einem Theologen.

### Sonntag 19. April:

#### Wie Erde, Mond und Planeten entstanden

Science City, ETH Standort Höggerberg

#### 11–16 Uhr

Wie Wissenschaftler die Entstehung der Erde und der Planeten rekonstruieren und was sie darüber wissen. Kurzvorlesungen und Demonstrationen mit Forschenden des Departements Erdwissenschaften der ETH Zürich.

#### Boten aus dem All

Ausstellung und Demonstration von Meteoriten und weiteren steinernen Zeugen der Erdgeschichte.

### Mittwoch 22. April: Sternstunden am Abend

Science City, ETH Standort Höggerberg

#### 19.30–20.30 Uhr Ein Leben als Star

Plauderei mit Prominenten aus Küche, Film, Medien, Kunst, Sport und Wissenschaft.

### Sonntag 26. April: Die geheime Botschaft der Erde

ETH Zentrum, Gebäude NO, Sonneggstrasse 5, Zürich

#### 10–17 Uhr «focus Terra»

Begleitete Rundgänge durch die erdwissenschaftliche Dauerausstellung.

#### 11–12 Uhr Science Talk am Sonntag in «focus Terra»

Ein prominenter Gast aus Politik oder Sport trifft einen Forscher der ETH Zürich zum Gespräch. Eine unterhaltende Talkshow mit wissenschaftlicher Note.

### Mittwoch 29. April: Sternstunden am Abend

Science City, ETH Standort Höggerberg

#### 19.30–20.30 Uhr Der Klang des Himmels

Konzert mit der Musikerin und Komponistin Yang Jing aus Beijing und jungen Schweizer Musikern des «First European Chinese Ensembles ZHdK» (Zürcher Hochschule der Künste).

# Generation Nachhaltigkeit

Die letzte Januarwoche stand an der ETH im Zeichen der Nachhaltigkeit. Parallel zum Treffen der Alliance for Global Sustainability AGS tauschten Studenten am Student Summit for Sustainability mit Experten Ideen für eine nachhaltigere Welt aus. Die nächste Generation von Wissenschaftlern am Student Summit war überzeugt: «Change – yes we can.»



Mit dem Terra gegen die Finanzkrise: Bernard A. Lietaer erläutert die Dringlichkeit einer inflationssicheren, «nachhaltigen» Währung.

Während die internationale Wirtschaftselite am WEF in Davos über Strategien gegen die Finanzkrise sinnierte, trafen sich in der ritterlichen Seeburg in Kreuzlingen 90 Studierende für den vierten internationalen Student Summit for Sustainability (S3). Auch hier drehte sich alles um Wirtschaft und Geopolitik, doch nicht Wachstum und Unternehmertum standen im Zentrum der Diskussionen, sondern vielmehr die Frage der Nachhaltigkeit von wirtschaftlichen und politischen Entscheidungen.

## Globale Währung für stabile Wirtschaft

So eröffnete ein Ökonom den fünften Programmtag des Summits, der Anfang Woche an der ETH Zürich zusammen mit der AGS-Jahrestagung (siehe Kasten) begonnen hatte. Bernard A. Lietaer beschäftigte sich über 25 Jahre in unterschiedlichen Funktionen mit Geld- und Finanzsystemen, darunter auch als leitender Mitarbeiter der Zentralbank Belgiens. In seinem Referat über alternative Währungen plädierte er für ein Überdenken von Geld, so wie wir es heute kennen, und schlug den global einsetzbaren, rein virtuellen Terra als Ergänzung zu bestehenden Landeswährungen vor. Die Wertigkeit des Terra basiert auf einem standardisierten Korb aus den zwölf wichtigs-

ten Produkten und Dienstleistungen unserer Zeit. Eine Währung, die laut Lietaer robust und inflationssicher wäre und dazu beitrüge, kurzfristige Spekulationsinteressen zu unterbinden. Aus Sicht des Ökonomen ist eine nachhaltige Zukunft ohne grundlegende Änderung des Währungssystems nicht möglich.

Von der Dringlichkeit einer umfassenderen, «holistischen» Nachhaltigkeit war an diesem Tag oft die Rede. «Viele denken noch immer, Nachhaltigkeit sei gleichbedeutend mit Umweltschutz, dabei umfasst sie sämtliche Bereiche unserer Gesellschaft», sagt Salome Schori. Sie ist Präsidentin von Project 21, der studentischen Organisation für nachhaltige Entwicklung an der ETH und der Universität Zürich, die den diesjährigen Summit organisiert hat. Wenig verwunderlich ist deshalb auch, dass das Thema Open Source nicht nur auf Computermessen, sondern auch auf dem Nachhaltigkeitssummit diskutiert wird: «Software ist zu einer essenziellen Ressource in unserer Gesellschaft geworden. Open Source geht am nachhaltigsten mit dieser um», so Aaron Seigo, Software-Architekt des KDE open source project und einer der globalen Anführer der Open-Source-Bewegung. Zusammen mit ETH-Forschungsassistent Marcus Dapp setzte er sich im gemeinsamen Referat für offene Software-Quellcodes und für Lizenzmodelle



ein, die eine Weiterentwicklung von Programmen durch Software-Nutzer begünstigen, anstelle diese zu unterbinden.

## Biogemüse statt Lachshäppchen

Gleichzeitig zu den Referaten der Experten beleuchteten an diesem Morgen fünf Studenten in zwei kleineren Sitzungszimmern das Thema Nachhaltigkeit aus der Perspektive ihres jeweiligen Studienschwerpunkts. Renato Sanchez aus Ecuador zum Beispiel führte eine interessierte Gruppe von 20 Teilnehmern mit viel Engagement und politischem Sendungsbewusstsein in die Energiepolitik Lateinamerikas ein, derweil Mohammed Rizwan Shamim von der BRAC University in Bangladesch mit einer leicht unübersichtlichen Flipchartpräsentation die Verbindungen zwischen Finanzmärkten und nachhaltiger Entwicklung darlegte.

Die Förmlichkeit von bekannteren Foren suchte man in Kreuzlingen vergebens: Mit einer Kuhglocke wurde zum Mittagstisch geläutet und anstelle der obligaten Lachshäppchen wurden in der gegenüber liegenden Jugendherberge Spaghetti und biologisch angebautes Gemüse aus der Region aufgetischt. Eine echte Pause gönnten sich nur wenige: Im Essraum wurde weiterhin über das Subsidiaritätsprinzip in Zeiten von Open Source, über ökologische Folgen der EU-Politik oder über Hugo Chavez' Erdölimperium in Venezuela diskutiert. «Wir haben hier die einzigartige Gelegenheit, die Beziehungen zwischen Nord und Süd zu stärken und dadurch gemeinsam eine nachhaltigere Zukunft zu gestalten», begründete Adriana Valenzuela aus Kolumbien ihren Drang zum aktiven Austausch mit den Kolleginnen und Kollegen.

## Das schwarze Gold auf dem Summit

Am Nachmittag befasste sich Daniele Ganser, Historiker an der Universität Basel, in einem packenden, leicht reisserischen Referat mit

den geopolitischen Konsequenzen der Erdölverknappung. Vor allem die amerikanischen Interventionen im Irak und in Afghanistan führt er auf die enorme Abhängigkeit moderner Gesellschaften vom Erdöl zurück. Eine Abkehr vom schwarzen Gold sei jedoch durchaus machbar: «Die grossen Ölfelder wurden erst ab den 50er-Jahren entdeckt; bis dahin lebten die meisten Menschen schon einmal ohne Erdöl.» Gansers Referat schloss damit an Colin Campbells Erläuterungen zum «Peak Oil» an. Der englische Geologe hatte zuvor am Morgen dargelegt, wie er in den 70er-Jahren als Berater von internationalen Ölkonzernen erstmals auf die Endlichkeit der globalen Ölvorkommen aufmerksam wurde. Er ist überzeugt, dass der Höhepunkt der weltweiten Erdölfördermenge heute unmittelbar bevorsteht oder bereits erreicht ist.

Campell, der regelmässig an Podien und Konferenzen auf der ganzen Welt auftritt, meinte später bei Kaffee und Birnenweggen in der Jugendherberge: «An internationalen Konferenzen schlafen meist 30 Prozent der Teilnehmer bereits während der ersten Vorträge ein. Hier ist das anders; die Studenten sprühen vor Energie und Tatendrang.» Seine Frau Bobbins

fügt an, sie sei beinahe ein wenig eifersüchtig, dass sie selbst nicht mehr zur hier vertretenen Generation gehöre: «Hier herrschen ein enormer Enthusiasmus, Gestaltungswille und ein Glaube an eine bessere Zukunft, ganz im Geist

von Obamas «Yes we can.» Ein schönes Fazit: Die Generation Change schaut trotz Krise mit Zuversicht in die Zukunft. //

Samuel Schläfli

## «Der Kampf um Nachhaltigkeit wird in Städten entschieden»

Gleichzeitig zum Student Summit for Sustainability (S3) fand vom 26. bis 29. Januar das Jahrestreffen der Alliance for Global Sustainability (AGS) mit rund 400 Teilnehmern aus 39 Ländern an der ETH Zürich statt. «Experten weltweit sind sich heute darüber einig, dass der Kampf um nachhaltige Entwicklung vor allem im urbanen Umfeld entschieden wird. Deshalb haben wir uns 2009 unter dem Motto «urban futures» mit Nachhaltigkeit in Stadtgebieten befasst», erklärt Peter Edwards, Professor am Institut für integrative Biologie und Organisator des diesjährigen Treffens. Wissenschaftler der vier AGS-Gründungsuniversitäten MIT, University of Tokyo, Chalmers und ETH Zürich sowie externe Experten, darunter der Arup-Direktor Peter Head und Nancy Grimm von der Arizona State University, referierten und

diskutierten während vier Tagen die Dringlichkeit von raschen Veränderungen für mehr Nachhaltigkeit im urbanen Raum. Einigkeit herrschte vor allem darüber, dass die grossen Problemfelder der Nachhaltigkeit wie Biodiversität, Verlust von fruchtbaren Böden, Wassermangel und Klimawandel nicht von einer wissenschaftlichen Disziplin alleine gelöst werden können. «Wir müssen uns unbedingt vom Denken in starren Fachgrenzen verabschieden. Die AGS hilft uns dabei, indem sie unterschiedlichste Meinungen und Expertisen aus Architektur, Biologie und Ingenieurwesen von vier weltweit führenden Universitäten vereint und den Dialog mit Entscheidungsträgern sucht», ist Edwards überzeugt.

▸ [www.ags.ethz.ch](http://www.ags.ethz.ch)

Anzeige

**Julien Schreyer, Energy Trader Handel**

**«Chancen wahrnehmen bedeutet, gründlich zu analysieren und geschickt zu agieren.»**

ihr partner für  
**1to1**  
energy

Die Liberalisierung im Strommarkt setzt Impulse frei und eröffnet neue Chancen. Wir verstehen sie als Aufforderung, uns dynamisch weiterzuentwickeln. Dazu sind wir auf engagierte Mitarbeitende angewiesen wie beispielsweise Julien Schreyer. Als Energy Trader agiert er geschickt bei neuen Herausforderungen – und trägt so zur Unternehmensentwicklung bei. Bei der BKW FMB Energie AG sorgen 2500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter heute dafür, dass bei mehr als einer Million Menschen zuverlässig der Strom fliesst. Gehören Sie morgen dazu? Wir freuen uns, wenn Sie mit uns die Zukunft angehen.

BKW FMB Energie AG, Human Ressource Management, Telefon 031 330 58 68,  
[info@bkw-fmb.ch](mailto:info@bkw-fmb.ch), [www.bkw-fmb.ch/jobs](http://www.bkw-fmb.ch/jobs)

**BKW**

# Der Maschinenkünstler

**Künstler unter Ingenieuren oder Ingenieur unter Künstlern – eine Welt allein ist Raffaello D’Andrea zu eng. Der Robotiker, Künstler und Unternehmer geht immer wieder unkonventionelle Wege und möchte die Ingenieurwissenschaften dabei auch vom Zwang der konkreten Anwendungen befreien.**

Raffaello D’Andrea spricht bestimmt und präzise, sein Blick lässt nie vom Gesprächspartner ab. Er hat zu viele Ideen, die noch darauf warten, verwirklicht zu werden, um einzelne Sekunden ungenutzt verrinnen zu lassen. Mit zehn Jahren zog D’Andrea mit seinen Eltern nach Toronto, danach folgten Lebensabschnitte in Kalifornien und New York. Seit gut einem Jahr forscht und lehrt er nun an der ETH Zürich. Am Institut für Mess- und Regeltechnik (IMRT) entwickelt seine Forschungsgruppe Systeme, die durch ausgeklügelte Algorithmen aus ihren Erfahrungen lernen. Eine Idee davon, wie dies in der Anwendung ausschauen könnte, erhält man im Labor von Professor D’Andrea: Zwei Modellhelikopter, mit Federballschlägern und viel Mikrotechnik bestückt, sollen durch ständiges Austauschen von Informationen einst im Stande sein, in der Luft selbstständig ein Federballspiel auszutragen.

## Fussball-Roboter und autonomes Lagerhaus

Wir sitzen in D’Andreas Büro im Departement Maschinenbau und Verfahrenstechnik. Die Präzision und Geschwindigkeit seiner Antworten lassen erahnen, dass er vieles über sich und seine Projekte nicht zum ersten Mal erzählen muss. Das verwundert nicht: Mit 41 Jahren ist D’Andrea Inhaber von acht Patenten und seine Auszeichnungen und Awards kann er mittlerweile nicht mehr an zwei Händen abzählen. Die meisten davon kann man an der Wand neben seinem Schreibtisch wiederfinden. Eine Auszeichnung ist erst vor Kurzem dazugekommen: der «IEEE/IFR Invention and Entrepreneurship Award», der ihm zusammen mit seinen zwei Geschäftspartnern im Juni 2008 für das Unternehmen «Kiva Systems» verliehen wurde.

«Das Ding mit «Kiva Systems» war purer Zufall, das Projekt stolperte quasi über mich», erzählt D’Andrea. Es war im Sommer 2003, D’Andrea hatte soeben ein Sabbatical am Massachu-

setts Institute of Technology (MIT) begonnen, als ihn der Unternehmer Michael Mountz um ein halbstündiges Treffen bat. Mountz hatte Videos von D’Andreas autonomen Fussball-Robotern gesehen, mit denen dieser gemeinsam mit seinen Studenten an der Cornell University in Ithaca, New York, viermal den RoboCup World Championship gewonnen hatte. Mountz – ein erfahrener Distributionslogistiker – war begeistert: «Wenn Roboter selbstständig miteinander Fussball spielen können, muss es doch auch möglich sein, ein Warenlager mit einer Flotte von autonomen Robotern zu bewirtschaften», dachte er. Nicht mehr der Lagerist sollte seine Waren aufsuchen müssen, sondern diese bei Bedarf den Weg selbstständig zu ihm finden. «Aus der halben Stunde wurden drei Stunden, wir trafen uns am nächsten Tag wieder und am folgenden Wochenende nochmals. Ich beendete mein Sabbatical und begann zusammen mit dem Computerwissenschaftler Peter Wurman ein selbstorganisierendes System zu entwickeln, mit dem sich eine ganze Flotte von autonomen Robotern betreiben lässt. Gleichzeitig sollten die einzelnen Roboter lernfähig sein und sich laufend ihrer Umgebung anpassen.» Heute zählt das ursprüngliche Dreimannunternehmen 130 Mitarbeitende in Woburn, Massachusetts, und Hunderte der orangenen Roboter in der Grösse von Staubsaugern fahren für amerikanische Distributionsriesen wie «Walgreens», «Staples» und «Zappos» die Waren im Lager dorthin, wo sie gerade gebraucht werden.

## Da Vinci als Vorbild

Ein schöner Erfolg, doch D’Andrea will nicht allein daran gemessen werden: «Seit dem Erfolg von «Kiva Systems» glauben viele, ich sei ein Anwendungstyp, der Forschung in erster Linie für die Industrie betreibt. Das ist ein Missverständnis. Für mich musste Engineering noch nie ausschliesslich in einer praktischen An-

wendung münden», relativiert er. D’Andreas abstrakte Seite kommt unter anderem in seinen Kunstprojekten zum Tragen: 2001 enthielt er an der Biennale in Venedig gemeinsam mit dem Künstler Max Dean das Werk «The Table». Ein von aussen unscheinbarer, im Inneren aber mit modernster Technologie vollgepackter Tisch, der durch seine Bewegungen in Kontakt mit den Besuchern tritt. Vier Jahre später folgte «The robotic chair», ein weisser, schnörkelloser Stuhl, der in einer Art Explosion in sechs Teile zerfällt und sich am Boden selbstständig wieder zusammensetzt. Fast eine Million mal wurde das Video des autonomen, sich aufrappelnden Stuhls auf youtube angeschaut und «The robotic chair» wird nach wie vor in Galerien auf der ganzen Welt ausgestellt. «Immer wieder fragen mich Leute nach dem Nutzen solcher Roboter. Es gibt keinen unmittelbaren Nutzen! Es ist meine pure Freude, mit Technologie etwas zu schaffen, das es in dieser Form noch nie gab und die Betrachter in Erstaunen darüber zu versetzen, was mit Technologie alles möglich ist. Meine Werke sollen zeigen, dass Engineering wesentlich mehr kann, als mit immer billigeren und schnelleren Produkten die aktuellen Konsumbedürfnisse zu befriedigen.» D’Andreas Rede wird nachdrücklicher, seine Gestikulation lebendiger – nun spricht nicht mehr der Unternehmer, sondern der Erfinder und Künstler, obwohl für ihn diese unterschiedlichen Lebenswelten nur zwei verschiedene Seiten derselben Medaille sind. «Gutes Engineering braucht zwar die Forschung, doch Engineering kann nie nur Forschung alleine sein. Es muss sich genauso um Form und Bewegung kümmern wie um die Technologie selbst.» D’Andrea beruft sich in diesem Zusammenhang auf keinen Geringeren als Leonardo Da Vinci, dessen Name während des Gesprächs noch einige Male fallen wird. «Kunst und Wissenschaft haben viel mehr Gemeinsamkeiten, als die meisten Leute



Die Freude am Spiel mit der Technik ist ihm anzusehen: Raffaello D'Andrea präsentiert den lernenden Flugroboter.

denken. Wer hat das eindrücklicher bewiesen als Da Vinci!» In ihm sieht D'Andrea den Archetyp eines Ingenieurs, der seinem Ideal eines kreativen und schöpferischen Umgangs mit der Technologie am nächsten kommt.

#### «! Und es bewegt sich doch»

Vor eineinhalb Jahren erkannte D'Andrea in einem Angebot der ETH Zürich erneut die Chance, etwas zu schaffen, das es in dieser Form noch nie gegeben hat: eine interdisziplinäre Projektgruppe, die sich der Expertise aus Mathematik, Ingenieurwesen, Computerwissenschaften, Design und Kunst bedient und dementsprechend all die Studenten dieser Disziplinen zur Zusammenarbeit für ein gemeinsames Ziel verbindet. Die Projektklasse «! And Yet it moves» war geboren. «Ich will mit meinen Studenten Dinge entwickeln, welche die Grenzen des Möglichen in den Bereichen Dynamik, Regelungssysteme und Automati-

on sprengen und gleichzeitig ästhetisch ansprechend sind, so dass sie in einer Galerie ausgestellt werden können.» Im vergangenen Sommersemester war dieses Kunstwerk ein aus Metall gefertigter Würfel mit einer Kantenlänge von 1,2 Metern, der sich selbstständig auf einer Ecke in Balance hält – eine Idee, die D'Andrea bei der Betrachtung von zwei Tänzern des kanadischen Zirkusunternehmens «Cirque du soleil» eingefallen war. Das aktuelle Projekt hat einen Flugroboter zum Ziel, der sich selbstständig aus mehreren einzelnen Zellen zusammensetzt, um im Kollektiv in die Luft abheben zu können. «Eine gewaltige technische Herausforderung, bei der sich meine Studenten am praktischen Beispiel Wissen aus verschiedenen Gebieten erarbeiten können.»

Forschung, Lehre und Kunst; alles an vorderster Front, ohne dabei den Blick fürs Ganze je zu verlieren. Kommt D'Andrea bei all den Aktivitäten auch einmal zur Ruhe? «Wie Sie während

unseres Gesprächs vielleicht merken konnten, besitze ich das grosse Privileg, dass meine Jobs gleichzeitig auch meine Hobbys sind. Davon muss ich mich nicht erholen», sagt er überzeugend. Wenn er sich aber trotzdem einmal in Ruhe nach Hause zurückzieht, dann liest er am liebsten Science Fiction, Fantasy oder Bücher über Wirtschaft, Geschichte und Politik. «Wissen Sie, die Welt ist einfach ein furchtbar interessanter Ort.» Da hätte ihm da Vinci wohl zugestimmt, der einmal festhielt: «Es fehlt uns nicht an Mitteln, um unsere spärlich gezählten Tage zu messen; darum sollte es uns eine Freude sein, sie weder unnützlich zu vergeuden noch ruhmlos zu verbringen.» //

Samuel Schläfli und Martina Märki

✉ [rdandrea@ethz.ch](mailto:rdandrea@ethz.ch)

✉ [www.raffaello.name](http://www.raffaello.name)



Wieder einmal ETH-Luft schnuppern, neue Erkenntnisse aus der Forschung gewinnen und alte Freunde wiedersehen – der Homecoming Day 2009 machts möglich.

## Erneutes Wiedersehen an der ETH Zürich

Bereits zum zweiten Mal findet am 19. September 2009 ein Homecoming Day an der ETH Zürich statt. Die Hochschule will an diesem Tag die Gelegenheit nutzen, den Ehemaligen im direkten Austausch strategisch wichtige Forschungsgebiete vorzustellen.

Vor knapp zwei Jahren konnte die ETH Alumni Vereinigung einen schönen Erfolg verbuchen: Über 1000 Absolventinnen und Absolventen fanden damals den Weg zurück an ihre Alma Mater und besuchten den ersten Homecoming Day der ETH Zürich. Nun organisiert die ETH Alumni Vereinigung am 19. September 2009 zum zweiten Mal einen solchen Anlass. Besonders erfreulich ist dabei, dass die Ehemaligenvereinigung tatkräftig von der ETH-Schulleitung unterstützt wird, die diesem Anlass ein grosses Gewicht einräumt.

Höhepunkt des Tages ist die Alumni Conference, die am Samstagnachmittag stattfindet. Die ETH-Schulleitung möchte direkt mit den Alum-

ni Kontakt aufnehmen und sie über ihre strategischen Themen in Lehre und Forschung informieren. Und das mit gutem Grund: Damit die hohe Qualität der ETH Zürich gesichert werden kann, ist es wichtig, dass die Hochschule und ihre Projekte von der Bevölkerung mitgetragen werden. Den Alumni kommt dabei als Botschafter der ETH Zürich eine wichtige Rolle zu. Wenn diese in ihrer Alltagsumgebung kompetent und sicher für die ETH eintreten, kommt dies der Hochschule längerfristig zugute.

### Sechs Kernthemen

Seit Inkrafttreten der neuen Organisationsverordnung sind die Alumni dem Bereich Präsi-

dent zugeordnet. Das Programm des Homecoming Day wird deshalb gemäss den Wünschen des ETH-Präsidenten Ralph Eichler vorbereitet. An der Alumni Conference werden insgesamt sechs strategische Forschungsthemen in zwei Blöcken näher vorgestellt. Ein erster Block befasst sich mit den Themen Energie, Medizintechnik und Nanotechnologie. Der zweite Block dreht sich um die Bereiche Supercomputing, Risk Management und Life Sciences.

Die wirtschaftliche und gesellschaftliche Relevanz jedes Themas wird zunächst von einem Mitglied der Schulleitung erläutert. Danach präsentiert ein führender Professor die Aktivitäten der ETH Zürich in diesem Bereich. Im



Anschluss an die Präsentation wird das Thema in einem Gespräch mit einem eher kritischen Kontrahenten aus Wirtschaft oder Gesellschaft vertieft. Dabei werden auch Fragen aus dem Kreis der Alumni beantwortet. Begleitend zu diesen Präsentationen und Gesprächen werden einzelne Projekte in einer Ausstellung von den Forschern vorgeführt.

### Geselliger Abend

Am Homecoming Day soll natürlich auch die Geselligkeit nicht zu kurz kommen – so wie vor fast zwei Jahren an der gemütlichen Alumni-Party. Viele Alumni-Vereine und -Gruppen haben damals mit eigenen Beiträgen mitgeholfen, ein gelungenes Fest zu gestalten. Auch dieses Jahr werden wiederum Studierende die Gäste über den ganzen Tag hinweg begleiten und ihnen aus erster Hand berichten, wie es heutzutage an der Hochschule zu und her geht.

Der beliebte Kulturbrunch im Dozentenfoyer, an dem ein Schriftsteller aus seinem Werk vorlesen wird, bildet dann am Sonntagmorgen einen würdigen Schlusspunkt. Beim anschliessenden Frühstücksbuffet bietet sich nochmals die Gelegenheit, frühere Bekanntschaften aufzufrischen und neue Kontakte zu knüpfen. Falls Sie als Fachverein, Fachgruppe

oder Jahrgangsguppe wieder einen Besuch in Ihrem Departement wünschen, unterstützt Sie die Geschäftsstelle gerne bei der Organisation. Selbstverständlich sind nicht nur Sie, sondern auch Ihre Partnerinnen und Partner sowie Ihre

Familienangehörigen herzlich eingeladen, die ETH Zürich zu besuchen. //

Felix Würsten

☛ [www.alumni.ethz.ch](http://www.alumni.ethz.ch)

### Reiseziel Hamburg

Norwegen war das Ziel der letztjährigen Alumni-Reise. Nun steht dieses Jahr eine Exkursion nach Hamburg auf dem Programm. Vom 17. bis zum 21. Juni 2009 bietet sich für interessierte Alumni die Gelegenheit, die zweitgrösste Stadt Deutschlands näher kennenzulernen.

Höhepunkt der Reise in die Hansestadt ist die Besichtigung einer Werft von ThyssenKrupp Marine Systems. In dieser Werft werden von den grössten Ozeanriesen über Luxusyachten, Marineschiffen bis hin zu U-Booten ganz unterschiedliche Schiffe gebaut. Die Besichtigung der Werft ist nicht ohne Weiteres möglich und wird nur ausgewählten Gruppen gewährt.

Ein weiterer Leckerbissen ist die grosse Schiffstour «Containerumschlag, Logistik und Schifffahrt». Sie führt an der Hamburger Schlepperstation vorbei

zur nautischen Zentrale und ermöglicht einen Blick hinter die Kulissen des Hafens. Im Kontrast dazu wird sich Hamburg bei einer weiteren Schifffahrt auf den Alsterkanälen von einer ganz anderen Seite zeigen. Neben einer fachkundigen Führung durch das internationale maritime Museum stehen auch noch spezielle Stadtführungen, der Besuch eines amüsanten Musicals und genügend Zeit zum Flanieren auf eigene Faust auf dem Programm.

Zum Abschluss findet ein Reunion-Dinner mit den Kolleginnen und Kollegen der Landesgruppe Deutschland statt.

☛ Informationen und Anmeldung unter: [www.alumni.ethz.ch](http://www.alumni.ethz.ch)

Anzeige

# READY TO FINE-TUNE YOUR CAREER?

Teamwork. Technical expertise. Diversity. That's what success sounds like at Dell. With our talented staff and industry-leading technology, we provide an exceptional experience for both our customers and our employees.

Join us, and you'll work in a dynamic environment with other talented, ambitious people. And you'll get everything you need to push your personal career goals even higher.

Like what you hear? Check out our career opportunities, and discover just how bright your future can be.

**TO HEAR MORE, VISIT [DELL.CH/Careers](http://DELL.CH/Careers)**

Workforce diversity is an essential part of Dell's commitment to quality and to the future. We encourage you to apply, whatever your race, gender, color, religion, national origin, age, disability, marital status, sexual orientation, or veteran status. Dell and the Dell logo are trademarks of Dell Inc.



# «Das Bildungssystem Schweiz darf nicht an Boden verlieren.»

Die ETH Zürich Foundation schätzt den Kontakt zu weiteren Gruppierungen, die das Bildungssystem Schweiz unterstützen. Kürzlich trat der neu gegründete Verein «Forum Bildung» an die Öffentlichkeit. Die Unternehmerin Carolina Müller-Möhl erläutert die Ziele von Forum Bildung.



Unternehmerin Carolina Müller-Möhl setzt sich mit dem «Forum Bildung» dafür ein, dass das Thema Bildung auf allen Ebenen und Bildungsstufen ganzheitlich behandelt wird.

## Frau Müller-Möhl, Sie sind Mitgründerin des Vereins «Forum Bildung». Was hat Sie dazu veranlasst?

Bildung ist die wichtigste Ressource im rohstoffarmen Land Schweiz. Wir haben zwar insgesamt ein gutes Bildungswesen. Im Vergleich zu den führenden Ländern verlieren wir aber an Tempo und drohen, ins Hintertreffen zu geraten. Probleme bestehen vor allem an Schnittstellen: frühkindliche Förderung – Schule, Schule – Berufswelt oder Gymnasium – Universität. Hier möchten wir aktiv werden. Das sind wir auch unseren Kindern und Jugendlichen schuldig.

## Es gibt bereits viele Organisationen, die sich das Thema Bildung auf die Fahne geschrieben haben. Was kann Ihr Verein Neues dazu beitragen?

Es gibt bisher keine unabhängige Organisation, die das Thema Bildung auf allen Ebenen und Bildungsstufen ganzheitlich behandelt. Die meisten Organisationen sind bildungsstufenorientiert oder Interessenvertretungen. Die Systemprobleme kommen dann zu kurz. Das Forum Bildung füllt also ganz klar eine störende Lücke.

## Was bereitet Ihnen Sorgen am Schweizer Schulsystem?

Die Hirnforschung belegt die zentrale Bedeutung der frühkindlichen Förderung. Ausser kleineren Schulversuchen läuft hier wenig. Gerade in dieser Phase liegen die Ursachen vieler Defizite, die in der Schulphase nicht mehr aufgeholt werden können. Auch beim Übergang von der Schule in die Berufslehre gibt es bei einer grossen Zahl von Jugendlichen Probleme, die auch auf mangelndes Zusammenwirken der beiden Schulstufen untereinander und mit der Wirtschaft zurückzuführen sind. In den Universitäten schliesslich sind die Erfolgsraten bei den Erstprüfungen zu tief. Die Schnittstelle Universität – Gymnasium muss noch verbessert werden. Im internationalen Vergleich sind unsere Kosten pro Schüler hoch. Das sind nur vier Handlungsfelder, mit denen sich das «Forum Bildung» befassen wird.

## Haben Sie persönliche Erfahrungen damit und wie sehen diese aus?

Meine Erfahrungen und Wahrnehmungen sind geprägt von meiner Doppelrolle als Mutter und berufstätige Frau. Jede Mutter wünscht sich optimale Bildungschancen für ihr Kind, jedes Unternehmen braucht fachlich und so-

zial gut ausgebildete Menschen. Was heute vielleicht gerade noch reicht, ist morgen allenfalls schon zu wenig. Und es gibt wie erwähnt verschiedene Anzeichen dafür, dass wir so, wie wir heute aufgestellt sind, an Boden verlieren. Hier möchte das «Forum Bildung» den Finger daraufhalten. Wir orientieren uns an einem Zeithorizont von 10 bis 20 Jahren.

## Die einen beklagen, Schüler hätten heute zu wenig sprachliche Ausdrucksfähigkeit, andere bemängeln zu geringe naturwissenschaftliche Kenntnisse, Dritte beklagen, dass der musische Bereich in der Allgemeinbildung zu kurz komme. Wo wollen Sie da ansetzen?

Zurzeit erscheinen verschiedene Berichte zur Evaluation des Gymnasiums und sorgen für plakative Schlagzeilen. Der Hauptbericht der hierfür geschaffenen Plattform Gymnasium ist noch ausstehend. Wenn das gesamte Material auf dem Tisch liegt, wird das «Forum Bildung» fundiert dazu Stellung nehmen. Bei den Naturwissenschaften ist durch deren höhere Gewichtung ein richtiger, erster Schritt erfolgt. Weitere Schritte werden folgen müssen. So zum Beispiel die Überprüfung der Maturaprofile oder die Verbesserung der Zusammenarbeit mit den Universitäten. In einigen Berufen

ist der Mangel an Akademikern ein wesentliches Defizit. Dies wird durch die hohe Immigration von Akademikern belegt.

**Eine Studie der ETH Zürich hat ergeben, dass gute Maturanoten und ein früher Studienbeginn die Erfolgchancen während des Studiums begünstigen, während die Richtung der Gymnasialausbildung weniger ins Gewicht fällt. Was schliessen Sie daraus?**

Im «Forum Bildung» wissen wir, dass solche Ergebnisse auch von anderen Studien bestätigt werden. Daraus ist zu schliessen, dass die Verkürzung der Maturitätsdauer richtig war. Interessanterweise erweist sich das altsprachliche Profil als das Beste. Die Profile, Grundlagen- und Schwerpunktfächer werden nach dem vollständigen Vorliegen von EVAMAR, also der Evaluation der neuen Maturitätsordnung, noch überprüft werden müssen.

**Im Hochschulbereich setzt sich das Ranking von Universitäten immer mehr durch. In den USA ist auch das Ranking von Schulen weit verbreitet. Was halten Sie davon?**

Generell muss unterschieden werden, ob es sich um Rankings, also Reihenfolgen, oder Ratings im Sinn von «Zuordnung der Schulen an Qualitätsmerkmalgruppen» handelt. Letzteres ist aus unserer Sicht zweckmässig. Es gibt in diesem Bereich natürlich auch viel Fragwürdiges. Wenn aber eine Universität in mehreren, ernst zu nehmenden Ratings ähnliche Werte aufweist, hat dies eine hohe Aussagekraft. So steht in der Regel die ETHZ in der Schweiz an der ersten Stelle.

**Was erwarten Sie von einem zukunfts-fähigen Bildungssystem? Wie müsste dieses aussehen?**

Ein Bildungssystem muss qualitäts- und kostenbewusst sowie durchlässig sein. Es muss die Talente aller Jugendlichen optimal ausschöpfen und in ein System des lebenslangen Lernens überführen. Von solchen Zielen sind wir aber noch erheblich entfernt.

**Wo sehen Sie positive Ansätze in der Schweiz, die Sie unterstützen möchten?**

Die Mitwirkung in PISA, die Durchführung von EVAMAR, also die Evaluation der neuen Maturitätsordnung, oder die Akkreditierung

**Carolina Müller-Möhl** studierte Politologie an der FU Berlin und ist Präsidentin der Müller-Möhl Group. Die Müller-Möhl Group beteiligt sich an Unternehmen in der Schweiz und im schweiznahen Ausland. Carolina Müller-Möhl ist zudem Gründungsmitglied und Kopräsidentin des Vereins «Forum Bildung», der

im November 2008 erstmals an die Öffentlichkeit trat. «Forum Bildung» versteht sich als unabhängige Plattform zur Diskussion und Lösung von Herausforderungen im Bildungswesen Schweiz.

☎ [www.forumbildung.ch](http://www.forumbildung.ch)

der Hochschulen sind positive Beispiele. Auch Schulen und private Organisationen tragen massgeblich zur Erprobung und Umsetzung von Innovationen bei. Das «Forum Bildung» will diese positiven Beispiele sichtbar machen, vernetzen und Erfahrungen aus anderen Ländern einbringen, damit wir im zunehmend globalen Bildungswettbewerb gut bestehen.

**Wird Ihre Stiftung auch mit der ETH Zürich zusammenarbeiten?**

Der Dialog und der Austausch sind essenziell

wichtig. Der Verein «Forum Bildung» setzt den Schwerpunkt zwar bewusst nicht auf der Universitätsstufe, da hier bereits zahlreiche Organisationen tätig sind, sondern wie erwähnt bei den Schnittstellen und auf Volksschulebene. Wir werden den Austausch mit den Hochschulen aber aktiv pflegen. Entsprechend freuen wir uns bereits heute auf einen konstruktiven Gedankenaustausch mit der ETH. //

Interview: Martina Märki

## Fortschritt beginnt mit Bildung und Forschung

Eine Investition in erstklassige Bildung und Forschung an der ETH Zürich ermöglicht, innovative Lösungen für die globalen, gesellschaftlichen Herausforderungen zu finden. Sie bietet den besten Studierenden die Chance, eine hochkarätige Ausbildung an der ETH Zürich zu absolvieren, und trägt dazu bei, die Wettbewerbsfähigkeit der ETH Zürich sowie den Wirtschafts- und Werkplatz Schweiz zu stärken.

2008 haben Unternehmen, Privatpersonen und Stiftungen die ETH Zürich Foundation mit Zuwendungen in der Höhe von 42 Millionen Franken unterstützt. Die Stiftung konnte strategische ETH Projekte im Umfang von über 25 Millionen Franken fördern. Unterstützt wurde beispielsweise der Ausbau des «Genetic Diversity Centers». Weitere Förderungen umfassen Exzellenz-Stipendien für Masterstudierende, den Ausbau der Klimaforschung oder die Gründung eines Kompetenzzentrums zur Vermeidung und Bewältigung von sozio-ökonomischen Risiken.

**Wollen auch Sie die Bildung und Forschung an der ETH Zürich fördern und damit den Fortschritt begünstigen? Wir freuen uns auf Ihren Anruf.**



ETH Zürich Foundation  
Dr. Donald Tillman  
Tel. +41 (0)44 633 69 62  
[donald.tillman@ethz-foundation.ch](mailto:donald.tillman@ethz-foundation.ch)  
[www.ethz-foundation.ch](http://www.ethz-foundation.ch)

**ETH** Foundation  
Zürich

# Bücher



Martin Möller et al.  
**Nanotechnologie im Bereich der Lebensmittel**

→ 2009, 228 Seiten, zahlr. Tab. und Grafiken,  
 broschiert  
 CHF 48.–, ISBN 978 3 7281 3234 5  
 vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

Synthetische Nanomaterialien sind Zusatzstoffe wie Siliziumdioxid, Carotinoide und Micellen, die schon seit Jahren verwendet werden und toxikologisch überprüft sind. Sie ermöglichen ein verbessertes Handling, eine verbesserte Optik oder eine Steigerung der Bioverfügbarkeit von Nährstoffen.

Bislang sind auf dem Schweizer Markt nur wenige nanoskalige Lebensmittelzusatzstoffe beziehungsweise mit solchen Komponenten versehene Lebensmittel verfügbar. Auf ausser-europäischen Märkten werden hingegen auch Nahrungsergänzungsmittel mit nanoskaligen Edelmetallen mit fragwürdigem Nutzen und zum Teil toxikologisch bedenklichen Eigenschaften angeboten.

Diese Studie zeigt die Chancen und Risiken des Einsatzes von synthetischen Nanomaterialien bei Lebensmitteln und Lebensmittelverpackungen auf. //



Brigitte Liebiger, Edith Rosenkranz-Fallegger,  
 Ursula Meyerhofer (Hrsg.)  
**Handbuch Gender-Kompetenz**

→ Ein Praxisleitfaden für (Fach-)Hochschulen  
 2009, 152 Seiten, zahlr. Abb., z. T. farbig,  
 broschiert  
 CHF 44.–, ISBN 978 3 7281 3220 8  
 vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

Dieses Handbuch widmet sich der «Gender-Kompetenz» im (Fach-)Hochschulkontext und der Frage, wie sich diese in der Ausbildung, in Forschung und Entwicklung und im Dienstleistungsbereich der Hochschulen realisieren lässt. Neben theoretischen Grundlagen finden sich darin gute Argumente zur Verankerung von Gender-Kompetenz wie auch praxisgeprüfte Checklisten zur Selbstevaluation. Das Handbuch vermittelt Dozierenden, Führungskräften und anderen Mitarbeitenden der Hochschulen konkrete Hilfestellungen, um «genderkompetent» zu handeln. //



SwissICT (Hrsg.)  
**Berufe der ICT**

→ Informations- und Kommunikationstechnologien  
 7. Auflage 2009, 188 Seiten, zahlr. farbige Abb.,  
 gebunden  
 CHF 86.–, ISBN 978 3 7281 3199 7  
 vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

Die Verbände SwissICT, SGO und VIW leisten mit diesem Buch einen Beitrag zur Strukturierung der sich ständig wandelnden Berufe der Informations- und Kommunikationstechnologien. Die Begriffe und Inhalte der Berufsbilder haben sich in der Wirtschaft, bei Arbeitnehmern, Berufsberatern und Ausbildungsinstituten durchgesetzt.

Diese vollständig überarbeitete Auflage überzeugt neben der Präsentation neuer Berufe mit einer angepassten Struktur der Berufsbilder. Mit der Erstellung eines neuen Kompetenzmodells, unterteilt in Fach- und Methodenkompetenzen, Business-/stellenbezogene Kompetenzen und persönliche Kompetenzen, wurde zudem einem Bedürfnis in der Ausbildung Rechnung getragen. Ausserdem wurde das Kapitel «Aus- und Weiterbildung» mit vielen Hinweisen zur ICT-Bildungslandschaft Schweiz ergänzt. //

# Agenda

→ 25. Juni 2009

## Die Revolution der Automation – Verkehrsautomatisierung und Gesellschaft

Automatisierte Abläufe haben das Transportwesen, die Produktions- und die Arbeitsverhältnisse revolutioniert. Sie hinterlassen auch tiefe Spuren in der gesellschaftlichen Interaktion und in der Gestaltung der privaten Lebenswelt. Automation verspricht Sicherheit, Tempo, Effizienz. Gleichzeitig sehen Skeptiker in ihr ein Mittel zur fortgesetzten Entfremdung, Kontrolle und Masslosigkeit. Das interdisziplinäre Symposium bündelt seine Aufmerksamkeit auf die Verkehrsautomatisierung seit den 1950er-Jahren und ihre Bezüge zu Gesellschaft, Wirtschaft und Technik.

Anmeldung: bis 30. Mai auf

☛ [www.revolution-der-automation.ch](http://www.revolution-der-automation.ch)

Normalpreis 150.– CHF, Studierende 15.– CHF

→ März bis April 2009

## «Light of tomorrow»

Licht erweckt Räume zum Leben. Tageslicht ist seit jeher ein integraler Bestandteil der Architektur. Im November 2008 wurde unter dem Thema «Light of tomorrow» zum drittenmal der «International VELUX Award» vergeben. Ausgezeichnet wurden Projekte von Architekturstudenten, die sich in besonders innovativer Weise mit dem Thema des natürlichen Lichts in der gebauten Umwelt auseinandersetzen. In einer von VELUX und dem Institut gta der ETH Zürich erarbeiteten Ausstellung werden die Resultate des Wettbewerbs vorgestellt.

Die Ausstellung ist zu sehen vom 5. März bis zum 17. April in der ARchENA, HIL, Hönggerberg, ETH Zürich, Mo-Fr 8–22 Uhr, Sa 8–12 Uhr. Eröffnung ist Mittwoch, 4. März, um 18 Uhr.

→ 2. April 2009

## Bewerbworkshop für Alumni

Dieser ETH Career Event wird mit Mercuri Urval durchgeführt und zielt speziell auf ETH Alumni Senior Professionals ab, die bereits berufliche Erfahrungen haben. Auf dem Programm stehen drei Workshops zu praxisnahen Themen wie berufliche Veränderung und Strategien beim Stellenwechsel, erfolgreiche Bewerbung und Vorbereitung auf ein Assessment, spezielle Bewerbungsstrategien für Frauen sowie Frau und Karriere.

Der Anlass findet von 18.15 Uhr bis 20.15 Uhr im HG E3 (ETH Zentrum) statt.

☛ Weitere Informationen unter [www.alumni.ethz.ch](http://www.alumni.ethz.ch)



# «Der urbane Individualverkehr könnte mit Strom betrieben werden.»

Damit der Individualverkehr klimaverträglicher wird, muss er elektrifiziert werden, sind sich Experten des Energy Science Center (ESC) einig. Eine Simulation mehrerer Forschungsgruppen der ETH Zürich soll die Konsequenzen eines Umstiegs auf Plug-in-Hybrid-Autos am Beispiel der Stadt Zürich aufzeigen.



Fabrizio Noembrini vom Institut für Energietechnik koordiniert die interdisziplinäre Projektgruppe.

**Herr Noembrini, das Energy Science Center erkennt im Plug-in-Hybrid ein grosses Potenzial für die allmähliche Elektrifizierung des städtischen Individualverkehrs. Weshalb?** Plug-in-Hybride haben neben einem Verbrennungsmotor auch einen elektrischen Motor, dessen Batterie über eine Steckdose direkt am Stromnetz aufgeladen werden kann. Das ist mit den heute verfügbaren Hybridautos noch nicht möglich. Wir gehen davon aus, dass die Entkarbonisierung des Individualverkehrs langfristig nur über Strom möglich ist. Dazu ist der Plug-in-Hybrid besonders aussichtsreich, weil er einen schrittweisen Übergang zur Vollelektrifizierung ermöglicht.

## **Welche Strecken können mit einem solchen Fahrzeug zurückgelegt werden?**

Die ersten Plug-in-Hybride sollen 2011 auf den Markt kommen und bereits Batterien mit einer Reichweite zwischen zehn und 50 Kilometern enthalten. In unseren relativ kleinen Städten könnte mit solchen Plug-in-Hybriden längerfristig der gesamte urbane Individual-Strassenverkehr mit Strom betrieben werden. Auf den Diesel- oder Benzintank müsste man nur noch für längere Strecken zwischen den Städten zurückgreifen.

## **Strategien für die CO<sub>2</sub>-Reduktion im Stadtverkehr stehen im Mittelpunkt Ihres Projekts. Wie viel umweltfreundlicher sind solche Plug-in-Hybride tatsächlich?**

Im Falle des Plug-in-Hybrids ist es für den Nutzen der Umwelt entscheidend, wie effizient und nachhaltig der Strom produziert wurde, woher also die Primärenergie stammt. Unsere Berechnungen zeigen, dass ein Plug-in-Hybrid, der mit Strom aus Kohlekraftwerken betrieben wird, klimaschädlicher ist als ein herkömmliches, mit Benzin betriebenes Auto. Mit dem im europäischen Netzverbund üblichen Strommix reduzieren sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen

jedoch bereits um 26 Prozent, mit dem Schweizer Strommix sogar um 53 Prozent – immer vorausgesetzt, dass 50 Prozent der gesamten Fahrleistung elektrisch bewältigt werden. Strom aus Wind und Wasserkraftwerken hat naturgemäss eine noch bessere Bilanz.

## **Sie berücksichtigen in Ihren Szenarien auch eine marktwirtschaftliche Kopplung von Individualverkehr und Elektrizitätswirtschaft. Wie soll das funktionieren?**

Wir gehen unter anderem von einem «Vehicle to grid»-Ansatz aus, der Chancen für beide Akteure birgt. Autofahrer würden dabei den Strom zum Aufladen der Batterien ihrer Plug-in-Hybride nicht nur vom Netz beziehen, sondern die in der Batterie gespeicherte Energie gegen ein Entgelt auch wieder ins Stromnetz einspeisen. Der Autofahrer könnte dadurch einen Teil seiner Fahrzeugkosten amortisieren und die Energieindustrie hätte eine neue Möglichkeit zur Stromnetzregulierung zur Hand. Zum Beispiel könnte sie kurzweilig verfügbaren Strom aus erneuerbaren Energien in den Autoantriebsbatterien speichern.

## **Wo liegen die grossen Herausforderungen bei der Umsetzung eines solchen «Vehicle to grid»-Systems?**

Limitierend sind heute vor allem die Nickel-Metallhydrid-Batterien von Hybridautos, die noch nicht genügend leistungsfähig sind, dass damit bei vernünftiger Grösse weite Distanzen zurückgelegt werden können. Leistungsstärkere Lithium-Ionen-Batterien sind leider noch immer sehr teuer. Hinzu kommt, dass passende Geschäftsmodelle für die Umsetzung eines «Vehicle to grid»-Systems noch fehlen. Zudem müsste ein «Tanken» und Einspeisen von Strom nicht nur zu Hause, sondern auch auf öffentlichen Parkplätzen oder bei der Arbeit möglich sein – das ist mit einem beträchtlichen Infrastrukturausbau verbunden.

## **Die Simulation der ETH Zürich soll 2010 fertig gestellt werden. Folgt darauf ein Zürcher Pilotprojekt mit Plug-in-Hybriden?**

Ja, wir planen – basierend auf den Simulationsergebnissen – ein erstes Demonstrationsprojekt mit einer kleinen Flotte an Plug-in-Hybriden. Die Finanzierung dafür muss aber zuvor noch sichergestellt werden. Bis ein «Vehicle to grid»-Pilot auf eine ganze Stadt ausgedehnt wird, werden sicherlich noch einige Jahre vergehen. //

Interview: Samuel Schläfli

## **Studie: Unterwegs zur (teil)elektrifizierten urbanen Mobilität**

Das Simulationsprojekt wurde vom Energy Science Center (ESC) der ETH Zürich initiiert. Neben dem Laboratorium für Aerothermochemie und Verbrennungssysteme (LAV) sind das Power Systems Laboratory (PSL), das Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) sowie das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz) in das Simulationsprojekt involviert. Die drei ETH-Institute werden unter anderem Know-How und Daten zum Verkehrsaufkommen, zur zeitlichen Variation der Stromnachfrage und zum Einfluss unterschiedlicher Antriebstechnologien zusammentragen und in die Simulation einspeisen. Ziel ist es, bei unterschiedlichen Szenarien Konsequenzen für den Infrastrukturausbau, den Primär- und Endenergiebedarf, die Menge an CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie die lokal anfallenden Schadstoffe zu berechnen. Finanziert wird das Projekt durch die ETH Zürich, das ewz und Novatlantis. (950)



Archive der Erde

# Eröffnung *focusTerra* – ein neues Museum für Zürich

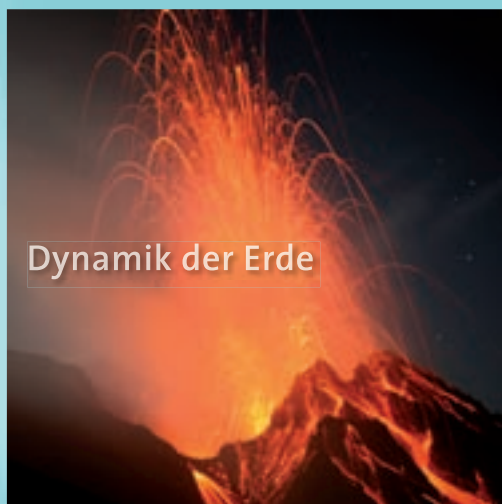
Samstag, 4. April und Sonntag, 5. April 2009  
Jeweils 10.00 – 17.00 Uhr  
ETH Zürich, Sonneggstrasse 5, 8006 Zürich



Schätze der Erde

## Entdecken Sie die Geheimnisse der Erde

*focusTerra*, das neue Museum der ETH Zürich, bietet einen spannenden Einblick in die faszinierende erdwissenschaftliche Forschung. Die Publikumseröffnung am 4./5. April 2009 bietet ein abwechslungsreiches Unterhaltungsangebot für Erwachsene und Kinder.



Dynamik der Erde

## Öffnungszeiten Museum ab 7. April 2009

- Dienstag bis Freitag 9.00 – 17.00 Uhr
- Sonntag 10.00 – 16.00 Uhr
- Montag geschlossen
- Samstag und Feiertage:  
Infos unter [www.focusterra.ethz.ch](http://www.focusterra.ethz.ch)

Eintritt frei  
Führungen und Spezialveranstaltungen  
nach Vereinbarung

*focusTerra*  
ETH Zürich  
Sonneggstrasse 5  
8006 Zürich

Tel. +41 44 632 62 81  
[info\\_focusterra@erdw.ethz.ch](mailto:info_focusterra@erdw.ethz.ch)  
[www.focusterra.ethz.ch](http://www.focusterra.ethz.ch)

