

Bekommt die Erde Fieber?

- Warum zwei Grad mehr die Grenze sind
- Was ETH-Forscher gegen den Klimawandel tun
- Wie Strom zum Erdöl der Stadt der Zukunft wird

Open positions at Open Systems

Leading Global Infrastructure
and Secure Networks in over 90
Countries Worldwide



Security Intelligence Wanted:

Security Engineer
Unix Service Engineer
Java/Web Engineer
Security Consultant

www.open.ch/jobs



mission control™
security services

open systems ag, räffelstrasse 29, ch-8045 zürich
t +41 44 455 74 00, www.mission-control.com



Seite 8: Klimaforscher können die Folgen des Klimawandels immer besser erfassen.



Seite 40: Bastien Girods Vision.



Seite 46: Kees Christiaanse leitet die 4. Internationale Architekturbiennale in Rotterdam.

Highlights

5 **Therapeutische Proteine aus Moos**

Dossier Klimawandel

6 Strategie

ETH-Präsident Ralph Eichler: Mit vernetzter Kompetenz gegen Klimawandel.

8 Grosseinsatz der Klimaforschung

Wie ETH-Klimaforscher bei der Erde Fieber messen und was zwei Grad mehr für die Erde und die Schweiz bedeuten.

14 Fakten gegen Meinungen

Klimawissenschaftler Reto Knutti antwortet auf die häufigsten Fragen und Meinungen zum Klimawandel.

16 Die Wolkenmacherin

Klimaforscherin Ulrike Lohmann simuliert Wolken und ihre Wirkung aufs Klima im Labor.

18 Kompetenzzentrum für Umweltfragen

Ein Forschungsnetz im ETH-Bereich.

20 Energie für die Stadt der Zukunft

ETH-Forscher planen, wie Strom das Erdöl für die Stadt der Zukunft wird.

26 Industrie

Wie Vertreter der Energiewirtschaft die Energiezukunft sehen.

28 Windenergie

Energieforscher Ndaona Chokani macht Windenergieanlagen effizient.

30 Die Ökonomie des Klimawandels

Warum Nichthandeln mehr kostet als Handeln. ETH-Ökonomen und -Sozialforscher diskutieren neueste Erkenntnisse.

34 Wertvoller Tropenwald

Umweltökonom Charles Palmer möchte die Erhaltung des Regenwalds ökonomisch attraktiv machen.

36 Was tun mit dem CO₂?

Wie ETH-Forscher CO₂ einfangen und lagern oder gar in eine Energiequelle der Zukunft verwandeln wollen.

39 Geoengineering

Atmosphärenwissenschaftler Thomas Peter will die Option Geoengineering zumindest als Notlösung prüfen.

40 Direkt

Der grüne Nationalrat Bastien Girod und myclimate-Geschäftsführer René Estermann haben Visionen.

Projekte

44 Avalon

Studenten bauen Segelroboter.

Porträt

46 Kees Christiaanse

Der Städtedoktor als Kurator.

Partner

48 ETH Alumni

Business Events mit Format.

50 ETH Zürich Foundation

Nachhaltigkeit bei Siemens und Swisscom.

Input

52 Medien

53 Treffpunkt

54 Nachgefragt

Ethnische Konflikte im Spiegel der Forschung.

Stadtentwicklung als Comic

Das ETH Studio Basel stellt mit «Metrobasel» eine Studie über Basel und seine trinationale Region in Form eines Comicbuchs vor. Dieses basiert auf einer Serie von städtebaulichen Untersuchungen und Projektarbeiten, die am städtebaulichen Institut in Basel entstanden. Ziel der Publikation ist es, die Kernstadt und die umliegenden schweizerischen, deutschen und französischen Gebiete zu porträtieren und städtebauliche Potenziale sowie Visionen zu skizzieren.

Die beiden Comicprotagonisten, Patricia und Michel, beschreiben über acht thematische Kapitel hinweg, wie in der Stadt und der Region gewohnt, gearbeitet, gelernt und eingekauft wird; wie man sich bewegt, erholt und vergnügt. Während ihrer gemeinsamen Stadterkundung erkennen die Figuren immer wieder neue Nutzungspotenziale von bestehenden Quartieren und skizzieren Möglichkeiten, Visionen und Entwürfe neuer Lebensräume.

Das Comicbuch kombiniert auf spielerische Art erzählerische Inhalte mit Fakten und Hintergrundinformationen. Es ist sachlich und fachlich präzise, erzeugt aber gleichzeitig Lust an einem Thema, das sonst aufgrund seiner Komplexität für ein breites Publikum nur schwer zugänglich ist. Das erklärte Ziel von Studio Basel ist es denn auch, eine möglichst grosse und vielfältige Leserschaft mit der Publikation anzusprechen.

Das von Jacques Herzog, Pierre de Meuron und Manuel Herz konzipierte Buch liegt in einer deutschen, französischen und englischen Ausgabe vor. Es wird regional in allen Kiosken, Buchläden und allgemeinen Verkaufsstellen sowie international in allen Kunst- und Architekturbuchläden verkauft. Das Buch kostet zwölf Franken und zählt 304 Seiten. //



Neuer Supercomputer am CSCS in Manno

Mit dem neuen Superrechner «Monte Rosa», der Ende Mai in Betrieb ging, wird das CSCS in Manno, Tessin, wieder zum leistungsstärksten Rechenzentrum der Schweiz. Die Rechnerleistung wurde mit 141,6 Teraflop mehr als verdreifacht. Der neue Supercomputer verfügt nun über mehr Rechnerleistung als die Summe aller bisherigen Computercluster in der Schweiz. 14 752 Prozessoren können 141 Billionen Rechenoperationen pro Sekunde durchführen. Damit gehört das CSCS bezüglich der Rechenkapazitäten im High Performance Computing (HPC) weltweit zu den führenden Rechenzentren. Am CSCS ist man optimistisch, dass «Monte Rosa» in den in Juni auf der Supercomputer-Konferenz in Hamburg bekannt gegebenen «Top 500» unter den ersten fünfzig platziert sein wird.

Wissenschaftler wurden nun dazu aufgerufen, so genannte High-Impact-Projekte einzureichen, also Projekte, die bereits konzipiert wurden, jedoch bis anhin in der Schweiz nicht durchführbar waren, da keine Möglichkeit bestand, derartig grosse Simulationen durchzuführen. Bereits bestehen Pläne für ein weiteres «Aufrüsten», denn Ziel des nationalen Hochleistungsrechenzentrum CSCS ist, seinen Nutzern bald einen Petaflop-Rechner zur Verfügung zu stellen. Das High Performance Computing ist heute neben den theoretischen und experimentellen Wissenschaften das dritte Standbein der Wissenschaften. Versuche, die früher im Labor in Zellkulturen oder im Reagenzglas gemacht wurden, werden heute teilweise am Computer simuliert. Das spart Zeit und erlaubt den Wissenschaftlern auch Einblicke in wichtige Zwischenstufen von Prozessen, die unter dem Mikroskop oder mit anderen experimentellen Mitteln nicht nachvollziehbar wären. Auch beim Skizzieren von Klimaszenarien nimmt das HPC eine entscheidende Rolle ein. //

ETH übernimmt Luftbildsammlung

Die ETH-Bibliothek übernimmt von der Stiftung Luftbild Schweiz die Sammlung historisch bedeutender Luftaufnahmen sowie das Fotoarchiv der Swissair. Die Bestände werden bis zum Jahr 2013 sukzessive in das Bildarchiv der ETH-Bibliothek integriert und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Die Stiftung Luftbild Schweiz wurde 1997 von der SAirGroup gegründet und verfügt über einen aussergewöhnlichen Fundus an Fotografien, die ein Stück Schweizer Luftfahrtgeschichte dokumentieren. Eine im Mai bekannt gegebene Kooperation mit der ETH Zürich ermöglicht, diese Bestände und den Fotonachlass der Swissair langfristig zu sichern und besser öffentlich zugänglich zu machen. Mit rund 250 000 Luftaufnahmen und anderen Fotografien aus der Aviatik erweitert die ETH-Bibliothek ihre technisch-wissenschafts-historischen Bildbestände. //



Moos produziert therapeutische Proteine



Therapeutische Proteine – wie zum Beispiel Insulin, mit dem Diabetiker ihren Blutzuckerspiegel regulieren – werden meist biotechnologisch in Zellen von Säugetieren hergestellt. Die Produktion ist sehr aufwendig und teuer, darum kann die weltweite Nachfrage bis heute nicht abgedeckt werden. Eine neue Methode könnte dies ändern. Forscher der Gruppe um Martin Fussenegger, Professor für Biotechnologie und Bioingenieurwissenschaften an der ETH Zürich, untersuchten, was passiert, wenn menschliche Gene oder Gene von Säugetieren unverändert ins Moosgenom eingepflanzt werden. Sie stellten fest, dass das Moos die darauf codierten Proteine ohne Weiteres herstellen konnte. Das ist nicht selbstverständlich, denn der gleiche Vorgang funktioniert mit einem Säugetier-Gen, das in eine so genannt «höhere» Blütenpflanze eingepflanzt wird, nicht. Der Grund dafür ist, dass sich Start- und Schlussequenzen der Gene von Tieren, Pflanzen, Pilzen und Bakterien zum Teil wesentlich

unterscheiden. Biotechnologen müssen diese Sequenzen im Normalfall vor der Übertragung eines Gens in einen fremden Organismus anpassen. Zur Überraschung der Forscher ist dies beim untersuchten Kleinen Blasenmützenmoos nicht nötig. Die Forscher gehen davon aus, dass sich das Moos im Gegensatz zu den Säugetieren in den vergangenen 450 Millionen Jahren genetisch nicht wesentlich weiterentwickelt und spezialisiert hat. Dadurch hat es sich offenbar über Millionen von Jahren die Fähigkeit erhalten, auch fremde Gene abzulesen und in Proteine zu übersetzen. Diese Erkenntnis könnte einst helfen, den weltweit grossen Bedarf an therapeutischen Proteinen zu decken, denn das Kleine Blasenmützenmoos ist vergleichsweise anspruchslos: Es braucht einzig Wasser, Nährsalze und etwas Licht, um zu gedeihen und Proteine zu produzieren. Das macht seine Handhabung im Bioreaktor günstig und einfach. //



Klimaforscher stellen fest, dass die Eisschilder in Grönland und der Antarktis schneller schmelzen als erwartet. Das Abschmelzen der Eisschilder trägt zum Anstieg des Meeresspiegels bei und bedroht nicht nur Lebensformen in den Polarregionen, sondern viele Küstengebiete der Erde. Ausserdem beschleunigt sich die globale Erwärmung zusätzlich.

Mit vernetzter Kompetenz gegen den Klimawandel



Ralph Eichler,
Präsident der ETH Zürich

Globale Umweltprobleme wie diejenigen, die vom Klimawandel verursacht werden, sind hochkomplex und daher von zahlreichen Einflüssen abhängig. Die Modellierung der klimatischen Veränderungen auf unserem Globus wird zwar immer ausgefeilter, dennoch verstehen wir noch lange nicht alle Phänomene. Auch bei den Auswirkungen auf die Umwelt können wir gewisse Entwicklungstendenzen voraussagen, doch sind diese Prognosen noch nicht so genau wie erwünscht. Zwar sind die Technologien zur Entkarbonisierung der Energiesysteme weitgehend bekannt. Wirkungsgrade und Herstellungsverfahren sind aber bei vielen CO₂-neutralen Kraftwerken, Heizanlagen oder Antriebssystemen für einen effizienten und wirtschaftlichen Praxiseinsatz deutlich zu verbessern.

Kurzum: Um den menschengemachten Klimawandel zeitgerecht eindämmen zu können, sind erheblich mehr Forschung und innovative Technologien erforderlich. Gesucht sind aber auch Strategien für die erfolgreiche Umsetzung des erarbeiteten Wissens. Die ETH Zürich kann zur Lösung dieser globalen Herausforderung eine breite Palette von Kompetenzen anbieten – von ausgeklügelten Klimamodellierungen über eine weitsichtige Energiestrategie bis hin zur Untersuchung von Umweltentscheidungen. Die grossen Zukunftsprobleme – und da gehört die Klimaerwärmung zweifellos dazu – können nur fachübergreifend und systemorientiert gelöst werden. In vielen klimarelevanten Projekten arbeiten wir auch mit der Industrie zusammen, denn schliesslich muss die Wirtschaft die wissenschaftlichen Resultate in Produkten und Dienstleistungen verwerten.

Wichtige klimapolitische Agenda

In nächster Zeit stehen wichtige klimapolitische Verhandlungen und Entscheide an. Eigentlich ist 2009 ein «Jahr des Klimas». Nach den Sommerferien will der Bundesrat dem eidgenössischen Parlament eine Botschaft zur Revision des CO₂-Gesetzes vorlegen. Und im Dezember geht die nächste UN-Weltklimakonferenz in Kopenhagen über die Bühne. Dort soll das Nachfolgeabkommen des Kyoto-Protokolls verhandelt werden. Die nationale wie auch internationale Agenda veranlasst die ETH Zürich, im vorliegenden ETH GLOBE die neuesten, teilweise brisanten Resultate zur Klimaforschung vorzustellen. Erfreut bin ich über das weit gefächerte und facettenreiche Wissen zu diesem Thema, das wir auch selbst bei der Planung und beim Bau von Science City umsetzen. ETH GLOBE soll zusammen mit anderen Medien und Veranstaltungen die Klimaforschung an der ETH Zürich in die Öffentlichkeit tragen. Wir wollen mit unseren Ergebnissen den technologischen, wirtschaftlichen und politischen Handlungsspielraum abstecken und so den Dialog mit der Gesellschaft verstärken. //

Wie Klimaforscher bei der Erde Fieber messen

Beim Menschen genügt ein Fieberthermometer – im Fall der Erde ist die Situation komplexer: Um den Klimawandel zu verstehen und seinen Verlauf abzuschätzen, füttern Klimaforscher an der ETH und weltweit Modelle mit riesigen Datenmengen. Ihre Diagnose: Die Temperatur steigt schneller als erwartet.

Text: Simone Ulmer

Auf den gewaltigen Ausbruch des Tambora-Vulkans in Indonesien im Jahr 1815 folgten in Europa zwei ungewöhnlich kühle Sommer. Bis dahin hatten sich Naturwissenschaftler kaum Gedanken darüber gemacht, dass sich in der Geschichte der Erde das Klima mehrfach geändert haben könnte. Die kühleren und ertragsärmeren Sommer führten in der Schweiz jedoch zu Hunger und Emigration, so dass die Schweizer Naturforschende Gesellschaft einen Preis ausschrieb, um Wissenschaftler anzuspornen, nach Erklärungen zu suchen. Der Kantonsingenieur Ignaz Venetz aus Visperterminen, Wallis, lieferte schliesslich Hinweise darauf, dass die Schweiz schon in ihrer Vergangenheit Klimaschwankungen ausgesetzt war.

1896 schätzte der schwedische Chemiker und Nobelpreisträger Svante Arrhenius, dass bei einem verdoppelten Gehalt des Kohlendioxids (CO₂) in der Atmosphäre die Temperatur um

vier bis sechs Grad Celsius ansteigen könnte. Es dauerte jedoch noch weit bis ins 20. Jahrhundert, bis CO₂ als klimaregulierender Faktor erkannt wurde. Erst der ab 1958 auf Hawaii kontinuierlich gemessene und dadurch sichtbar steigende Kohlendioxid-Gehalt in der Atmosphäre verdeutlichte die Bedeutung des Gases und die Rolle des Menschen im Klimasystem – der schnelle Anstieg des CO₂-Gehalts konnte nur durch die Verbrennung der fossilen Energieträger erklärt werden.

Heute sind die Jahrtausende alten Abfolgen der erbohrten Ozeansedimente und die bis zu 850 000 Jahre alten Eisbohrkerne, die seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts bis heute gewonnen wurden, der Schlüssel zur Rekonstruktion des Paläoklimas geworden. Sie dienen als Grundlage zum Verständnis des heutigen Klimawandels. Unter anderem zeigen sie, dass es in der Erdgeschichte auch ohne menschlichen Einfluss Klimaschwankun-



Als Folge des Klimawandels werden Extremereignisse zunehmen. Insbesondere Hitzewellen und Dürreperioden werden gravierende Folgen haben. Wassermangel, Ernterückgänge und Hunger bedrohen weite Teile Afrikas und Teile Asiens. Doch auch in Europa fordern Hitzewellen Opfer.

gen gab und dass der CO₂-Gehalt in der Atmosphäre während Eis- und Warmzeiten zusammen mit der Temperatur stark schwankte. Ein Beispiel ist das so genannte Temperaturhoch des Paläozän-Eozäns. Damals, vor etwa 55 Millionen Jahren – bei im Vergleich zu heute anderer Kontinentverteilung und Vegetation –, stieg der CO₂-Gehalt in der Atmosphäre auf 1000 bis 1500 parts per million (ppm) an. Vor etwa 34 Millionen Jahren sank er schliesslich wieder und pendelte sich vor etwa 20 Millionen Jahren bei Werten um 300 ppm ein.

Etwa um 1890 lag die Konzentration des Gases schliesslich bei 280 ppm. Bis heute ist sie wieder auf 387 ppm angestiegen. Die in den kleinen Luftblasen der Eisbohrkerne eingeschlossenen Treibhausgase zeigen, dass die heute gemessenen Treibhausgaskonzentrationen höher als je zuvor in den vergangenen 850 000 Jahren sind.

Mit dem steigendem Bewusstsein für die Klimaveränderung gründeten das UNO-Umweltprogramm und die Weltorganisation für Meteorologie im Jahr 1988 das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Seine Aufgabe ist es, das Klimasystem und den vom Menschen verursachten Klimawandel mit seinen Auswirkungen und Risiken umfassend und objektiv zu beurteilen und Möglichkeiten für

eine Anpassung oder Milderung aufzuzeigen. Seit 1992 finden zudem jährlich Klimagipfel der UN-Klimakonvention statt, welche weltweit den Klimaschutz mit Abkommen wie dem Kyoto-Protokoll koordinieren und voranbringen.

Inmitten des Klimawandels

Im Vorfeld des im Dezember anstehenden Klimagipfels von Kopenhagen überschlugen sich renommierte Fachzeitschriften mit Publikationen zur Klimathematik. Erst kürzlich fand die Studie eines internationalen Forscherteams, dem auch Martin Wild vom Institut für Atmosphäre und Klima der ETH Zürich angehörte, ein grosses Medienecho. Während der Zeiten des so genannten Global Dimming – der durch die Luftverschmutzung verursachten Trübung der Atmosphäre – hätten Pflanzen CO₂ effizienter aufgenommen als bei sauberer Luft. Zwischen 1960 und 1999 seien deshalb rund zehn Prozent mehr Kohlenstoff in der terrestrischen Biosphäre gebunden worden. Die Ursache sehen die Wissenschaftler darin, dass Streulicht im Vergleich zum direkten Sonnenlicht tiefer in die Vegetation eindringt und die Pflanzen somit das Licht wirkungsvoller zur Photosynthese nutzen.

Neben seiner bereits jahrelangen Arbeit für das IPCC und als Wissenschaftsvertreter in >

der schweizerischen Delegation bei den Klimaverhandlungen beschäftigt sich Andreas Fischlin, Professor am Institut für Integrative Biologie der ETH Zürich, in seiner Forschung unter anderem mit den Auswirkungen derartiger Nebeneffekte auf das Klimasystem. Dabei sind bei Fischlins Gruppe die Auswirkungen der Klimaerwärmung auf die Ökosysteme, insbesondere die Wälder, Forschungsschwerpunkt. Wie Ökosysteme funktionieren, ist oft nur schwer nachzuvollziehen. Sie reagieren etwa auf Temperatur, Niederschläge oder Treibhausgase, tun dies aber sowohl im negativen wie auch positiven Sinn. Denn manche Pflanzen oder Tiere profitieren von einer Verschiebung im System, andere leiden darunter. In jedem Fall ändern sich die Zusammensetzung und das Zusammenspiel des Ökosystems.

Ökosysteme spielen, wie auch die Studie von Wild zeigt, eine Schlüsselrolle im Kohlenstoffkreislauf. Sie binden grosse Mengen CO₂ aus der Atmosphäre, sind somit natürliche Kohlenstoffsinken und bestehen selbst aus Kohlenstoff. Sie nehmen zudem noch immer Kohlenstoff auf. Nur die Hälfte des vom Menschen emittierten Kohlenstoffs bleibt in der Atmosphäre, die andere Hälfte binden Ozeane und Landökosysteme. «In den Ökosystemen ist mit 3449 Gigatonnen Kohlenstoff insgesamt viereinhalbmal mehr Kohlenstoff gespeichert als in der Atmosphäre», betont Fischlin.

Gerät ein Ökosystem aus dem Gleichgewicht, können enorme Mengen Kohlenstoff aus diesen natürlichen Senken freigesetzt werden. Beispielsweise haben Fischlin und eine Gruppe von Autoren in einem kürzlich erschienenen Bericht gezeigt, dass im Westen Kanadas die Erwärmung dazu führt, dass bestimmte Borkenkäferarten im Winter nicht mehr dezimiert werden. Die Folge ist, dass die Käfer grosse Waldflächen zerstören. Dadurch wird Kohlenstoff freigesetzt und die natürlichen Kohlenstoffsinken werden dezimiert. Fischlins Ziel ist, derartige Zusatzeffekte durch verbesserte

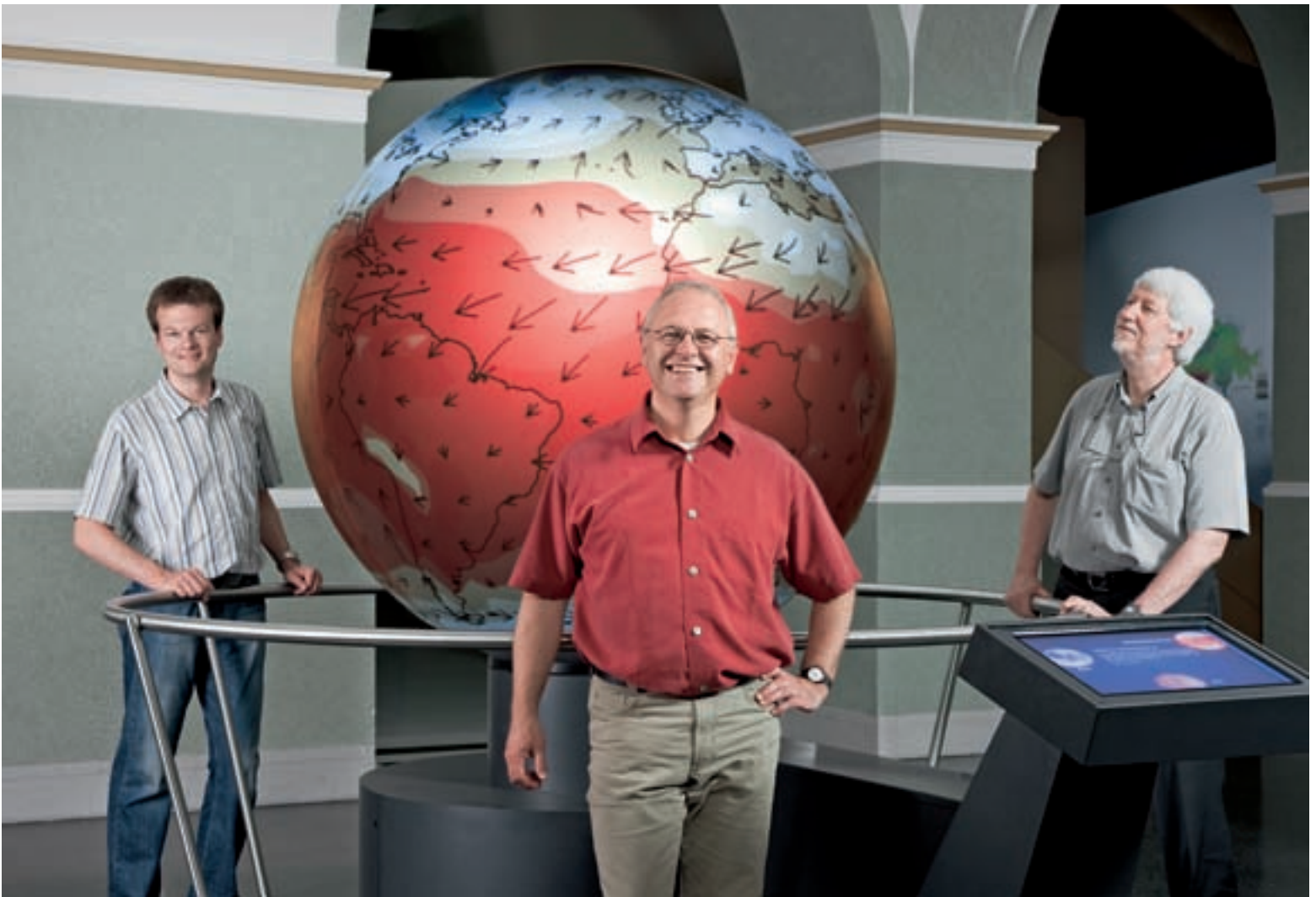
Modelle, die er sich von den Kooperationen im C2SM (siehe Kasten S. 13) erhofft, in die bestehenden Modellierungen zu integrieren. Die Zusatzeffekte könnten bis zu einem Grad mehr an Erwärmung führen, meint Fischlin.

Die Uhr tickt

Wie brisant die Lage ist, zeigte einmal mehr eine Ende April in «Nature» veröffentlichte Studie. In einem probabilistischen Modell berechnete ein Forscherteam die Menge an CO₂, die maximal noch in die Atmosphäre gelangen darf, damit das so genannte Zwei-Grad-Ziel nicht überschritten wird. Für dieses Ziel haben sich über 100 Länder ausgesprochen, obwohl es gemäss den Berichten des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) keine bestimmte Temperaturschwelle für gefährliche Klimaänderungen gibt und die negativen Auswirkungen eher graduell zunehmen.

Die Studie, an der Reto Knutti, Klimaphysiker und Professor am Institut für Atmosphäre und Klima der ETH Zürich, mitwirkte, kam zum Schluss: Mit einer Wahrscheinlichkeit von 75 Prozent wird die Klimaerwärmung zwei Grad gegenüber der vorindustriellen Zeit (vor 1900) nicht übersteigen, wenn vom Jahr 2000 an gerechnet bis 2050 maximal 1000 Milliarden Tonnen CO₂ in die Atmosphäre gelangen. Die Zahl scheint hoch, doch zwischen 2000 und 2006 wurden bereits 234 Milliarden Tonnen in die Atmosphäre geschleudert. Bleibt der Ausstoss auf diesem hohen Niveau oder steigt er gar an, dann wäre das Kontingent bereits vor 2030 erschöpft.

«Um das Zwei-Grad-Ziel zu erreichen, muss der CO₂-Ausstoss bis 2050 global mindestens um 50 Prozent reduziert werden», erläutert Knutti. «Das heisst, das langfristige Ziel muss weltweit bei unter einer Tonne CO₂ pro Kopf und Jahr liegen.» Dadurch könnte es gelingen, die Klimaerwärmung mit ihren Risiken und Folgen einzudämmen – dass es Handlungsmöglichkeiten zur Minderung des Klimawandels gibt,



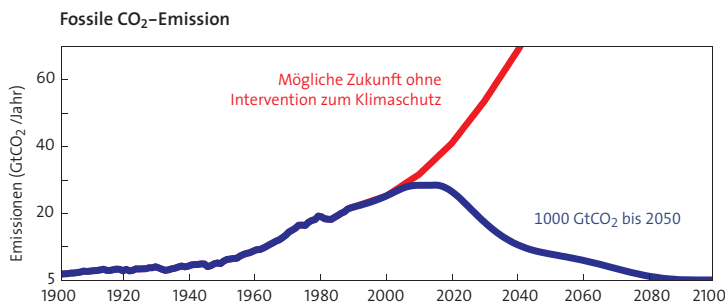
Für Klimawissenschaftler wie Reto Knutti, Christoph Schär und Andreas Fischlin (v.l.) ist klar: Die Erkenntnisse der Klimaforschung müssen ihren Weg in die Öffentlichkeit finden. Die Simulation auf der Projektionskugel in der ETH-Ausstellung focusTerra zeigt Oberflächentemperaturen und Windrichtungen für das heutige Klima. Die Berechnung wurde an der ETH Zürich durchgeführt.

zeigte der IPCC-Bericht von 2007. Derzeit emittiert Westeuropa jährlich etwa sechs Tonnen, Nordamerika 19 Tonnen und China drei Tonnen CO₂ pro Kopf. Dabei ist die graue Energie, jene, die beispielsweise für die Herstellung oder den Transport eines Produkts verbraucht wird, nicht berücksichtigt.

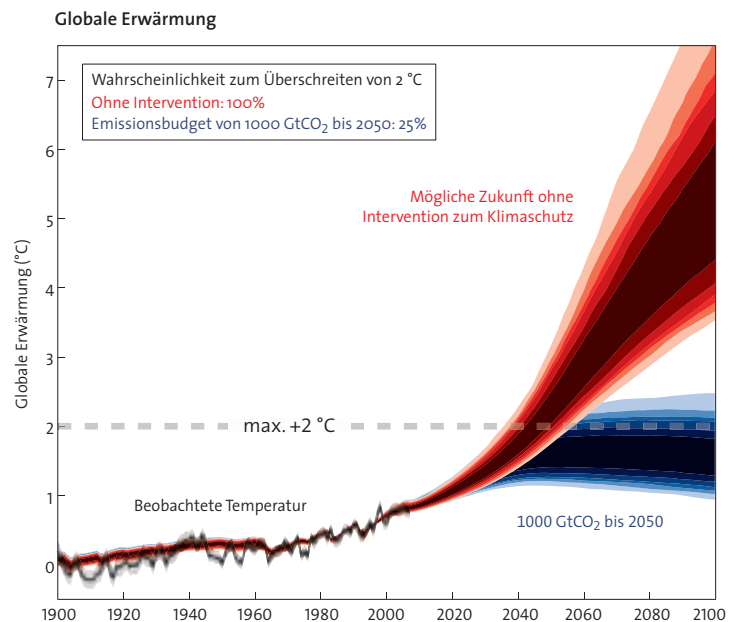
Ernsthafte Folgen auch in der Schweiz

Der Begriff «Klima» bedeutet die statistische Beschreibung des «mittleren» Wetters einer längeren Periode, das Klimamodelle berechnen (siehe Kasten S. 13). In der Schweiz wie auch in Südeuropa wird die Klimaänderung laut den Modellen vom globalen Mittel abweichen. Die Temperaturzunahme wird hier, unter anderem aufgrund der Topografie, deutlich höher ausfallen. Im Jahr 2100 würden demnach die Temperaturen eines Durchschnittssommers je nach Szenario um 3,5 bis 7 Grad Celsius höher liegen. Ein Durchschnittssommer entspräche dann nach heutigem Verständnis einem Extremereignis. Beim ersten Bericht des UN-Klimarats im Jahr 1990 waren Extremereignisse noch ein Randthema. Dies liegt unter anderem daran,

dass die Klimaprognosen einen langen Zeitraum abbilden, Extremereignisse jedoch kurzfristige und seltene Wetterabläufe sind. «Dank der deutlich verbesserten Klimamodelle und eines verbesserten Verständnisses der klimasteuernden Prozesse und der Zusammenhänge konnten Extremereignisse im IPCC-Klimabericht von 2007 erstmals umfassend beurteilt werden», sagt Christoph Schär, Professor am Institut für Atmosphäre und Klima der ETH Zürich. Neben dem Meeresspiegelanstieg werden häufiger und intensiver auftretende Extremereignisse, insbesondere Hitzewellen und Dürreperioden, besonders schwerwiegende Auswirkungen haben, vermuten die Wissenschaftler. Denn auch wenn der Hitzesommer 2003 für einen tollen Sommer sorgte, hatte er katastrophale Folgen: Während in den ersten beiden Augustwochen die Maximaltemperaturen verbreitet auf über 40 Grad Celsius kletterten, starben in Europa 35 000 Menschen mehr als normalerweise. Swiss Re schätzte allein die Schäden durch Ernteeinbussen auf etwa 13 Milliarden Euro – das entspricht den finanziellen Schäden eines mittleren Hurrikans. Die Wasserknappheit führte zu Engpässen >



Globale CO₂-Emissionen (oben) und dazu berechnete Erwärmung (rechts) gegenüber vorindustrieller Zeit für ein Szenario ohne Einschränkungen (rot) und ein Szenario, in dem die Emissionen von 2000 bis 2050 auf 1000 Milliarden Tonnen CO₂ beschränkt werden (blau). Durch die Intervention kann die Wahrscheinlichkeit für das Überschreiten der Zwei-Grad-Schwelle auf 25 Prozent begrenzt werden.



in der Frischwasserversorgung, in der Energieversorgung und zu verbreitetem Fischsterben. Die Gletscher verloren in einem einzigen Jahr etwa acht Prozent an Volumen. Auch dies wurde nach dem IPCC-Bericht von 2007 klar: Die Folgen des Klimawandels werden gravierend sein. In der Schweiz wird sich nicht nur das Landschaftsbild durch schwindende Gletscher und Trockenheit in Folge der Erwärmung verändern, auch die Ökosysteme werden sich wandeln. Weltweit wird die Gesundheit der Menschen, je nach Region, durch Unterernährung, Trinkwassermangel und die Verbreitung krankheitsübertragender Organismen wie Stechmücken und Zecken beeinträchtigt. Christoph Schär analysierte mit seinem Team den Einfluss des Klimawandels auf Hitzewellen und das Sommerklima in Europa. Rein statistisch gesehen wäre zu erwarten, dass alle 46 Jahre ein monatliches oder saisonales Temperaturereignis eintrifft, das mehr als drei so genannte Standardabweichungen vom Mittel abweicht. In den Jahren von 2003 bis 2007 wurden jedoch sechs solcher Ereignisse festgestellt – im Schnitt alle zehn Monate. Schär berechnete die Szenarien künftiger europäischer Sommertemperaturen unter der Annahme, dass der atmosphärische CO₂-Gehalt von heute 380 ppm auf 840 ppm bis Ende des

Jahrhunderts ansteigt. Bei diesem Szenario ist mit einer sommerlichen mittleren Erwärmung um 4,6 Grad Celsius und einer Verdopplung der Variabilität, der Jahr-zu-Jahr-Schwankungen, zu rechnen. Inspiriert vom Hitzesommer 2003 wurden Variabilitätsänderungen bei seiner Forschungsgruppe ein zentrales Thema: die Hypothese, dass sich nicht nur das Klima erwärmt, sondern dass parallel dazu die Schwankungen grösser werden. Die Variabilitätsänderungen, so Schär, treten vor allem im Übergangsbereich vom gemässigten zum mediterranen Klima auf, wo die Landoberfläche noch Feuchtigkeit besitzt und austrocknen kann und die Energie der einfallenden Sonnenstrahlung teilweise noch in die Wasserverdunstung «umgeleitet» wird. Sollte der ungebremsste Klimawandel eintreffen, ist gemäss den Forschungsergebnissen von Schär und seinem Team damit zu rechnen, dass bis Ende des Jahrhunderts durchschnittliche Sommer so warm und trocken sein werden wie der Hitzesommer 2003. Seit dem Klimabericht des IPCC im Jahr 2007 und Al Gores Dokumentarfilm «An Inconvenient Truth» ist die Klimadiskussion neu entfacht. Obwohl seither klar ist, dass wir uns bereits im Klimawandel befinden und seine ungebremssten Auswirkungen schwer-

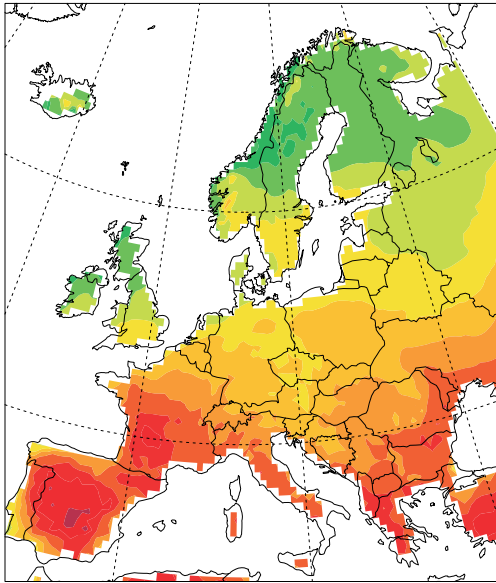
wiegende Folgen für Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft haben können, sind für den Zeitraum nach 2012, der so genannten Post-Kyoto-Periode, noch keine verbindlichen Reduktionsziele geschaffen worden. Deshalb ist der Klimagipfel in Kopenhagen im Dezember dieses Jahres besonders wichtig. Dass die Verhandlungen in Zeiten der Finanzkrise vermutlich schwieriger als bisher sein werden, zeichnete sich bereits Ende letzten Jahres auf dem Klimagipfel in Poznań ab. Andreas Fischlin betont, dass der Verlauf der Verhandlungen aber auch deshalb schwierig abzuschätzen sei, weil viele Menschen bis zum IPCC-Klimabericht von 2007 die Problematik nicht wahrgenommen hätten. Das sei heute zwar anders, aber in der Bevölkerung herrsche die irrende Meinung, dass sich die Forscher über den Klimawandel uneins seien. (Vgl. auch Beitrag S. 14) //

- www.sysecol.ethz.ch
- andreas.fischlin@env.ethz.ch

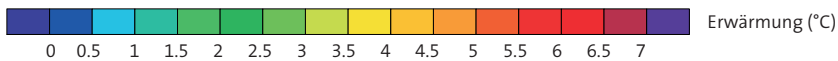
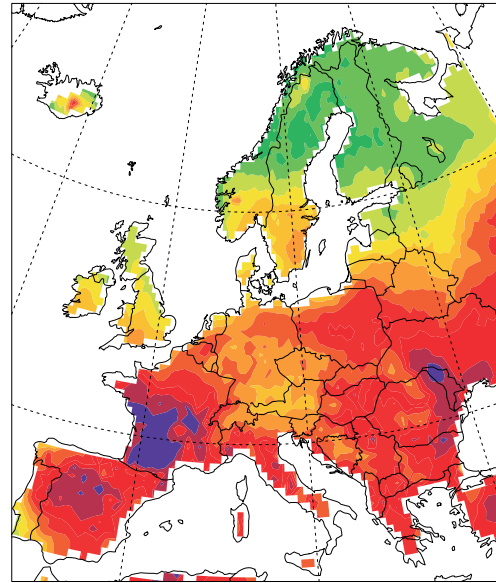
- www.iac.ethz.ch
- reto.knutti@env.ethz.ch

- www.czsm.ethz.ch
- christoph.schaer@env.ethz.ch

Mittlere Sommertemperatur



Hitzetag (95%-Perzentil)



Sommertemperaturen und Hitzewellen für den Zeitraum 2071 bis 2100 unter Verwendung eines Treibhausgas-Szenarios ohne Einschränkung der Emissionen. Die Diagramme zeigen die erwartete Erwärmung der mittleren Sommertemperaturen (links) und von Hitzetagen (rechts) im Vergleich. Man beachte, dass die Erwärmung der Hitzetage deutlich stärker ist und sich im Vergleich mit der mittleren Sommertemperatur auch weiter nördlich bemerkbar macht. Die Figur basiert auf den Resultaten von zehn regionalen Klimamodellen, darunter einer Simulation der ETH Zürich (Fischer and Schär 2009).

Klimamodelle und das Kompetenzzentrum C2SM

Klimamodelle beschreiben die Zirkulation der Atmosphäre und der Ozeane, zusammen mit den physikalischen und chemischen Vorgängen im Erdsystem. Dabei sind viele Faktoren zu berücksichtigen, beispielsweise die weltweite Eisbedeckung, der Wasser- und Kohlenstoffkreislauf und der Kreislauf von Gasen und Aerosolen in der Atmosphäre. Ein globales Klimamodell setzt sich deshalb aus Gleichungssystemen zusammen, die mit Mess- oder Beobachtungsdaten der zu berücksichtigenden Prozesse, aber auch aus Simulationen der einzelnen Teilprozesse gespeist sind. Für die Lösung dieser nichtlinearen Gleichungssysteme unterteilen die Wissenschaftler die Erdoberfläche in Gitter, meist mit Gitterabständen von 25 bis 200 Kilometern. Der zeitliche Verlauf grossräumiger Abläufe wie etwa der Bewegung von Luft und Wasser und der Temperatur- und Dichteverteilung sowie die kleinräumigen Prozesse müssen im Modell abgebildet werden. Grossräumige Abläufe werden mit Hilfe der physikalischen Grundgesetze berechnet – dazu gehören etwa die Massen-, Impuls- und Energieerhaltung. Kleinräumige Abläufe sind etwa die Strahlung, die Wolken- und Niederschlagsbildung und die für das Klima wichtigen biogeochemischen Prozesse. Da derartige Ereignisse jedoch in kleineren Massstäben ablaufen, als die Gitter-

abstände vorgeben, müssen sie parametrisiert werden. Das heisst, der Einfluss der kleinräumigen Ereignisse auf die grossräumigen wird auf der Grundlage von Beobachtungen und Messungen berechnet und stark vereinfacht in das Modell einbezogen. Die Modelle sind komplexe Systeme von gekoppelten Gleichungssystemen, die mit Ungenauigkeiten behaftet sind. Indem die Wissenschaftler die bekannte Klimavergangenheit modellieren, überprüfen sie unter anderem, wie gut die Modelle funktionieren. Aber auch das nicht vorhersehbare menschliche Verhalten sowie externe Faktoren – etwa mögliche grosse Vulkanausbrüche – machen Klimaprognosen unsicher. Klimaforscher sprechen deshalb auch nicht von Klimavorhersagen, sondern von verschiedenen Klimaszenarien, die sie bei ihren Modellrechnungen durchspielen. In den Szenarien schätzen sie ab, wie Treibhausgasemission und Aerosolemission unter bestimmten Bedingungen das Klima beeinflussen können. Klimamodelle sind die einzige Möglichkeit abzuschätzen, wie der Mensch das Klimasystem der Zukunft beeinflusst. Die Unsicherheiten der Klimaszenarien steigen jedoch, je kleinräumiger die betrachtete Region und die beteiligten Prozesse sind. Um die Klimamodellentwicklung und -nutzung rasch voranzutreiben, gründete die ETH Zürich im

vergangenen Jahr das Kompetenzzentrum C2SM (Center for Climate Systems Modeling). Vorsitzender ist Christoph Schär, die Geschäftsführung liegt bei Isabelle Bey. Die Betreuung und Weiterentwicklung realistischer Klimamodelle übersteige die Kräfte einzelner Professoren, sagt Christoph Schär. Die C2SM-Forscher arbeiten mit komplexen Modellen, mit Hunderttausenden von Quellcodezeilen, die ständig zu optimieren, an neue Computerarchitekturen anzupassen und mit neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen zu ergänzen sind. Das C2SM wird eng mit Partnerinstitutionen im Raum Zürich (Meteo-Schweiz, EMPA, Agroscope Reckenholz), aber auch mit anderen nationalen und internationalen Partnern zusammenarbeiten. Es soll die Ressourcen im Bereich der Klimaforschung bündeln und ein effizienteres Arbeiten ermöglichen, um das komplexe und fragile Klimasystem besser zu verstehen und die beteiligten Prozesse noch besser zu beschreiben. Dies ermöglicht letztendlich genauere Klimaprognosen, die wichtig sind, um Strategien zu entwickeln, die den Klimawandel mindern, oder die erlauben, sich ihm anzupassen.

→ www.c2sm.ethz.ch

→ christoph.schaer@env.ethz.ch

Klimawandel – was ist dran?

Die Wissenschaft ist sich einig, dass der Klimawandel menschengemacht ist und negative Auswirkungen hat. Für Laien ist es jedoch nicht einfach, sich ein Bild zu machen, auch wenn die Medien häufig über das Thema berichten. Manche Skeptiker zweifeln den Klimawandel nach wie vor an. Der ETH-Klimawissenschaftler Reto Knutti nimmt Stellung zu den gängigsten Fragen und Kritikpunkten.

Klimaschwankungen hat es schon immer gegeben; vor 1000 Jahren wuchsen zum Beispiel in Südengland Reben. Warum glauben die Experten, dass an der aktuellen Erderwärmung der Mensch schuld sei?

Klimaschwankungen wie die oben erwähnte mittelalterliche Warmphase hat es während der Erdgeschichte tatsächlich immer wieder gegeben. Mögliche Ursachen sind zum Beispiel die Sonnenaktivität, Vulkanausbrüche, Änderungen in der Umlaufbahn der Erde oder die Verschiebung von Kontinenten. Dabei können gerade lokale Schwankungen recht gross sein. Seit mindestens 1960 haben wir es jedoch mit einem signifikanten Anstieg auf globaler Ebene zu tun. Dabei lassen sich die zeitlichen und räumlichen Muster der Erwärmung nur mit den menschengemachten Treibhausgasen erklären, während beispielsweise die Sonnenaktivität keinen Trend aufweist, der als Ursache in Frage kommen könnte.

Warum sind sich die Forscher bei der Vorhersage der Klimaerwärmung so sicher? Oft können die Meteorologen ja nicht einmal das Wetter für die nächsten drei Tage richtig voraussagen.

Beim Wetter handelt es sich um einen Zustand, der an einem bestimmten Tag an einem bestimmten Ort anzutreffen ist. Diesen korrekt voraussagen ist sehr schwierig. Beim Klima hingegen betrachten wir, wie verschiedene Faktoren wie Niederschlag oder Hitze- und Kältetage innerhalb eines längeren Zeitabschnitts verteilt sind: Während wir zum Beispiel nicht vorhersagen können, ob es am 24. Juli 2016 in Bern regnen wird, so ist es doch möglich, eine typische Anzahl jährlicher Regentage für die Region zu bestimmen. Mit Klimamodellen kann eine Vielzahl von physikalischen, chemischen und biologischen Prozessen simuliert werden, wobei uns die heutigen Computer die Auswertung von riesigen Datenmengen erlauben. Wie zuverlässig solche Mo-

delle inzwischen sind, können wir sehen, wenn wir Berechnungen für die Vergangenheit mit den gemessenen Daten vergleichen.

Obwohl heute mehr CO₂ in der Atmosphäre gemessen wird als 1998, ist es seither nicht wärmer geworden. Im Gegenteil, der letzte Winter war besonders lang und schneereich.

Das Jahr 1998 war durch ein El-Niño-Ereignis überdurchschnittlich warm und taugt daher nicht als repräsentativer Startpunkt. Würde man zum Beispiel 1996 als Beginn nehmen, käme man zu einem ganz anderen Schluss. Das Klima setzt sich immer aus Variationen von Tag zu Tag und Jahr zu Jahr zusammen, die durch die Zufallskomponente im Wetter beeinflusst werden – und das wird auch weiterhin so bleiben. In einem wärmeren Klima werden einfach die kalten Winter weniger häufig auftreten. Einzelne Ereignisse sind also wenig aussagekräftig; erst die Betrachtung von mehreren Jahrzehnten ergibt ein klares Bild.

Ich verstehe nicht, warum ein paar Grad mehr ein solches Problem sind. Im Gegenteil, es wäre doch schön, wenn bei uns Palmen wüchsen.

Palmen im Norden sind auf den ersten Blick tatsächlich ein reizvolles Szenario, dafür würde aber eine ganze Anzahl einheimischer Arten aussterben, die dem neuen Klima nicht gewachsen sind. Seit 1850 messen wir eine Erwärmung von 0,8 Grad – und die hat, auch in der Schweiz, bereits deutliche Spuren hinterlassen, wie das Abschmelzen von Gletschern. Eine Erwärmung von einigen Grad wird also massive Veränderungen mit sich bringen. Denn sie bedeutet nicht nur, dass das Klima einfach ein bisschen wärmer wird; stattdessen bringt sie eine Häufung von Wetterextremen wie Hitzewellen, Stürmen und starken Niederschlägen mit sich – Dürren

und Überschwemmungen werden also zunehmen, mit ernsthaften Konsequenzen für die weltweite Wasserversorgung und die Landwirtschaft. Allerdings erfolgt die Erwärmung nicht überall gleichmässig.

Ich finde, man sollte abwarten, ob das alles wirklich so schlimm wird – wenn ja, kann man immer noch Massnahmen in die Wege leiten.

Das Klimasystem ändert sich nur langsam und über lange Zeiträume, so dass es eine Illusion ist, dass man die Erderwärmung und ihre negativen Folgen innert kurzer Zeit anhalten oder gar rückgängig machen kann. Denn CO₂ hat eine sehr lange Verweildauer und bleibt über Jahrhunderte in der Atmosphäre. Sinnbildlich lässt sich dies mit einem fahrenden Ozeandampfer vergleichen, der sich aufgrund seiner Masse auch nicht einfach so stoppen und auf einen anderen Kurs bringen lässt. In Bezug auf das Klima heisst das: Sind die negativen Auswirkungen einmal eingetreten, so wird es viele Jahrhunderte dauern, bis wir uns wieder davon wegbewegen, selbst bei einer drastischen Emissionsreduktion.

Die Wissenschaft ist sich doch selbst nicht einig – man liest doch immer wieder Aussagen von Experten, die die Erderwärmung anzweifeln.

Es gibt heute kaum noch einen glaubwürdigen Klimawissenschaftler, der die Klimaänderung abstreitet. In einer Umfrage im Jahre 2008 waren 97 Prozent der Klimaforscher der Meinung, dass der Mensch die beobachtete Erwärmung verursacht. Dies zeigt sich auch in den deutlichen Aussagen der UN-Klimaberichte, an deren Erstellung Tausende von Wissenschaftlern beteiligt sind und in denen alle Argumente betrachtet werden. Die meisten kritischen Stimmen zum Klimawandel kommen von Personen, die bestimmte politische oder wirtschaftliche Interessen haben oder die Komplexität des Problems nicht verstehen.

Es gibt dringendere Probleme auf dieser Welt als den Klimawandel. Sollten wir uns nicht lieber auf die Bekämpfung von Krankheiten, Hunger und Armut konzentrieren?

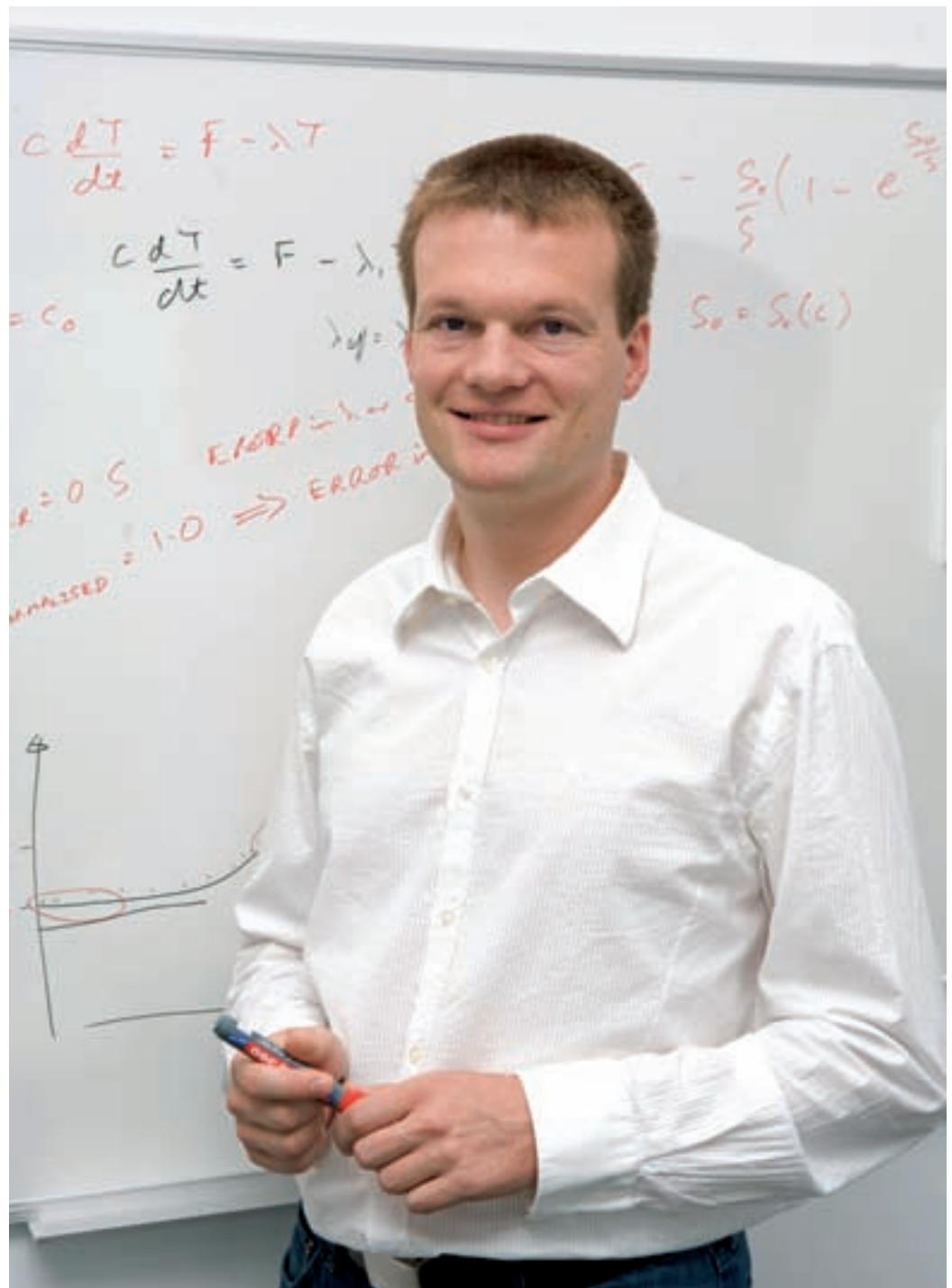
Wer diese Probleme isoliert vom Klimawandel lösen will, verkennt die Zusammenhänge. Denn eine Erwärmung von einigen Grad würde die Lebensbedingungen von vielen Menschen weltweit dramatisch verschlechtern. Die Klimaänderung beeinflusst die Ausbreitung von Krankheiten und wird vielerorts den Druck durch Hunger, Wasserknappheit und Armut erhöhen. Wer diese Probleme bekämpfen will, kommt also um die Klimathematik nicht herum.

Die Forderungen der Klimaschützer sind ein wirtschaftlicher Killer und behindern die gesellschaftliche Entwicklung. Sollte die Klimaerwärmung tatsächlich Auswirkungen haben, so reicht es aus, in Anpassungsmassnahmen und Schadensbegrenzung zu investieren.

Der Klimawandel ist in der Tat eine grosse Herausforderung für unsere Gesellschaft. Der Umgang damit kann aber für die Wirtschaft auch eine Chance sein, denn von ihr sind Innovationen gefragt. Ausserdem zeigen ökonomische Studien, dass es günstiger ist, jetzt die Ursachen zu bekämpfen und die Klimaänderung so weit wie möglich zu verhindern, als der Sache ihren Lauf zu lassen und später für die Schäden zu bezahlen. Allerdings geht es weniger um eine «Entweder-oder»-Taktik, denn die Klimaveränderung hat bereits jetzt negative Folgen, so dass eine kombinierte Strategie mit Verhinderungs- und Anpassungsmassnahmen nötig ist.

Ich habe den Eindruck, dass man sowieso nichts machen kann, schon gar nicht als Einzelperson.

Mit raschen und effektiven Massnahmen kann rund die Hälfte der Klimaänderung verhindert werden. Tatsächlich sind viele technische Lösungen schon heute verfügbar, allerdings ha-



«Der Klimawandel ist zu einem gewissen Grad nicht mehr umkehrbar», warnt Reto Knutti, Professor am Institut für Atmosphäre und Klima. Seine und weitere Forschungen zeigen, dass der globale CO₂-Ausstoss bis zum Jahr 2050 um die Hälfte reduziert werden muss, wenn die globale Klimaerwärmung zwei Grad nicht überschreiten soll.

pert es noch mit der Umsetzung. Dabei haben auch Privatpersonen zahlreiche Möglichkeiten, einen Beitrag zu leisten – zum Beispiel mit Freilandgemüse aus der Schweiz statt Spargeln aus Kalifornien, luftgetrockneter Wäsche statt Tumbler, einem sparsameren Auto, dem öffentlichen Verkehr, einer Hausisolierung oder einer Erdwärme- statt Ölheizung. Umweltfreundliches Verhalten wird irrtümlich oft mit persönlicher Einschränkung gleichgesetzt. Stromsparende Geräte oder Energiesparlam-

pen sind aber gute Beispiele, wie man – ohne jede Einbussen beim Komfort – längerfristig sogar Geld sparen kann. //

Fragen und Antworten zusammengestellt von Ursula Hirt und Reto Knutti

→ www.iac.ethz.ch
→ reto.knutti@env.ethz.ch

Die Wolkenmacherin

Noch immer gehören Wolken und Aerosole zu den grössten Unsicherheitsfaktoren bei der Klimavorhersage. Die Klimawissenschaftlerin Ulrike Lohmann produziert und erforscht Wolken, um mehr über deren Einfluss auf den Klimawandel zu erfahren.

Ulrike Lohmann steht auf einem Militärflughafen unweit von Hamburg und unterhält sich mit einem Mitarbeiter über «Pink», eine portable Eiskondensationskammer. Die Kammer wurde in einen Learjet eingebaut, um damit zu simulieren, wie sich Wolken unter Realbedingungen formen. Düsen an den Aussenwänden des Jets werden, sobald sich das Flugzeug in einer Wolke befindet, einen Luftstrom in «Pink» einleiten. Dieser enthält Aerosole, welche die Grundlage für die Wolkenbildung in der Kammer sind. Ulrike Lohmann ist aber nicht wegen «Pink» und des Learjets hier – beides könnten ihre Mitarbeiter selbstständig bedienen –, sondern wegen des Schweizer Fernsehens, das eine zwölfminütige Dokumentationsendung über die Klimawissenschaftlerin drehen will.

Atmosphäre steht im Labor Kopf

Im Normalfall schweben die Professorin und ihre Wolkenkammern nämlich nicht in den Wolken, sondern stehen auf festem Boden im Labor am Institut für Atmosphäre und Klima der ETH Zürich. Sowohl die mobile, grössere Schwester von «Pink» als auch der statische grosse Bruder stehen hier. Letzterer ist eine grosse, klobige Apparatur mit Dutzenden von Schläuchen und mehreren vertikal gekoppelten Kühlelementen. Leuchtend weisse, seidig schimmernde Nebelschwaden einer «echten» Wolke sucht man hier jedoch vergeblich. All die Vorgänge, die zu einer Wolke führen, finden innerhalb der Apparatur in sehr kleinem Massstab statt. Der Aufbau der Apparatur orientiert sich am natürlichen Wasserkreislauf in der Atmosphäre; nur dass dieser hier auf dem Kopf steht: Zuoberst im Gerät wird warmer Wasserdampf eingeleitet, der durch Kühlblöcke gegen unten immer stärker abgekühlt wird, bis zuunterst Temperaturen erreicht sind, bei denen die Wassertropfen kondensieren oder gefrieren. Dasselbe geschieht auch, wenn Gewitterwolken entstehen; nur dass der Wasserdampf aus dem Meer oder aus Seen in kältere Luftschichten hochsteigt und dort

zu Wassertröpfchen kondensiert oder bei höheren Wolken und niedrigeren Temperaturen zu Eiskristallen erstarrt. Die Tropfenbildung und damit auch die Entstehung von Wolken sind in der Erdatmosphäre erst durch eine ausreichende Anzahl von so genannten Kondensationskeimen möglich. Keime können zum Beispiel Staubkörner, Russpartikel, Pollen oder Salzkristalle aus dem Meer sein. Diese bilden gemeinsam mit der Umgebung Aerosole, also ein Gemisch aus festen oder flüssigen Schwebeteilchen in einem Gas.

Bei Messungen und Experimenten bei realen Bedingungen, zum Beispiel mit dem Flugzeug in einer Wolke, ist nie ganz klar, welche Aerosole in der Luft schweben und inwiefern sich daraus Wolkentröpfchen und Eiskristalle bilden. Genau dieser Zusammenhang ist aber für die Klimaforscher sowie die Klimamodellierung interessant – und kann in der Laborwolke unter kontrollierten Bedingungen untersucht werden.

Wenn Blei das Klima kühlt

Zurzeit interessiert sich Lohmann vor allem für so genannte Cirruswolken, auch Eiswolken genannt. Diese sind in der Forschung noch weit weniger verstanden als zum Beispiel Gewitter- oder Kumuluswolken. Cirruswolken entstehen, indem unterkühlte Aerosoltröpfchen gefrieren oder Wasserdampf an Eiskeimen, wie zum Beispiel Mineralstaub, direkt in den festen Zustand übergeht. Um Cirruswolken ging es auch in einer Publikation, die kürzlich im renommierten Wissenschaftsmagazin «Nature Geoscience» erschien. Lohmann und ihre Kollegen aus den USA und Deutschland hatten bei Atmosphärenmessungen auf dem Jungfraujoch, in Colorado und Karlsruhe Bleipartikel in Eiswolken entdeckt. Die Quelle des Bleis war rasch gefunden: Nur Sportflieger dürfen überhaupt noch mit bleihaltigem Benzin fliegen. Lohmann und ihre Kollegen waren besonders an den Auswirkungen von Blei auf die Wolkenbildung und das Klima interessiert.

Dazu machte ihre Arbeitsgruppe Laborexperimente: Blei-Aerosolpartikel wurden in den «Pink»-Bruder eingeleitet und deren Auswirkung auf die Wolkenbildung beobachtet. Es zeigte sich, dass Blei die Entstehung von Eiskristallen stark begünstigt. Wolken bilden sich mit Blei bei wärmeren Temperaturen und bei trockeneren Bedingungen. Die aufgrund von winzigen Bleipartikeln zusätzlich entstehenden Cirruswolken kühlen das Klima ab und wirken dem Treibhauseffekt entgegen. Diese Kausalität zwischen Bleikonzentration und Klimakühlung sollte in zukünftigen Klimamodellierungen berücksichtigt werden.

Wolken und Aerosole als Hauptakteure im nächsten IPCC-Bericht

Ulrike Lohmann war 2007 als eine der HauptautorInnen am Klimabericht des Weltklimarats (IPCC) beteiligt, der später mit dem Nobelpreis ausgezeichnet wurde. Ergebnisse aus dem Wolkensimulator waren darin noch keine zu finden. Lohmann hofft, dass die Bedeutung der Wolken und Aerosole auf das Klima und seine Modellierung im nächsten IPCC-Bericht eine grössere Rolle spielen werden. Aerosole seien nach wie vor eine der grössten Unsicherheiten in den Modellen. «Bei der Klimavorhersage für die Zeitspanne zwischen vorindustrieller Zeit bis heute liegen die grössten Fehlerquellen bei den Aerosolpartikeln», sagt Lohmann. Zusätzlich sind Wolken oft in Klimarückkopplungen involviert. Die Unterschiede bei Berechnungen zur Erderwärmung im Falle einer Verdopplung der globalen CO₂-Konzentration können bis zu 2,5°C betragen. Darum ist Lohmann überzeugt: «Wir müssen die Aerosole und deren Klimarelevanz unbedingt besser verstehen. Es lohnt sich, diese Unsicherheiten in unseren Modellen schnellstmöglich aus dem Weg zu räumen.» //

Samuel Schlaefli

→ www.iac.ethz.ch/groups/lohmann

→ ulrike.lohmann@env.ethz.ch



Von ihrem Büro aus hat Ulrike Lohman, Professorin und Klimaforscherin an der ETH Zürich, einen grossartigen Blick auf den Wolkenhimmel. So genannte Eiskristalle interessieren sie besonders, weil sie das Klima abkühlen.

Powerpaket für Umweltkompetenz

Die Umweltkompetenzen des gesamten ETH-Bereichs werden in einmaliger Breite im Kompetenzzentrum Umwelt und Nachhaltigkeit CCES (Competence Center Environment and Sustainability) eingesetzt, um Lösungen im Zusammenhang mit Klimawandel und Umweltproblemen zu finden und um sie praktisch und politisch umsetzbar zu machen.



Unter anderem an Beispielen von Umweltveränderungen und -ereignissen in der Schweiz erarbeitet das CCES Umweltwissen und Lösungsansätze für die Welt.

Es ist eine beeindruckende Vorstellung: Eine Landkarte der Schweiz, darauf eingezeichnet alle Versuchsanlagen und Feldexperimente, die derzeit von CCES-Partnern betrieben werden, liesse kaum ein Gebiet auf der Landkarte frei. Kein Wunder: Zwei technisch-naturwissenschaftliche Hochschulen von Weltrang, mehrere Forschungsanstalten, spezialisiert auf Wasser, Wald, Landschaft, Stoffflüsse und nicht zuletzt auf Naturgefahren und -risiken – es gibt vermutlich nirgendwo auf der Welt auf so engem Raum eine derart hohe wissenschaftliche Umweltkompetenz wie im ETH-Bereich. Das fachliche Spektrum der Institutionen prädestiniert sie geradezu, ihre Kom-

petenzen auch zum Verständnis des vom Menschen verursachten Klimawandels und zur Minderung seiner unerwünschten Folgen einzusetzen. Seit 2006 bündelt das Kompetenzzentrum Umwelt und Nachhaltigkeit CCES diese Kompetenzen. Die Forschungsthemen am CCES sind breit gefächert. Sie reichen von Klima- und Umweltveränderungen über nachhaltige Landnutzung, Ernährung, Umwelt und Gesundheit bis hin zu Naturgefahren. Derzeit sind mehr als 600 Mitarbeitende an 17 grossen Forschungsprojekten und zwei Technologieplattformen beteiligt.

Es gebe wenig andere Forschungsunternehmen in der Schweiz, bei denen so viel Engage-

ment auf ein Thema konzentriert sei wie beim CCES, erklärte kürzlich der Gründungsdirektor des CCES, Domenico Giardini, Professor am ETH-Institut für Geophysik, in einem Interview.

Interdisziplinarität als Leitmotiv

Dr. Nikolaus Gotsch, mit dem Management des Forschungsverbunds beauftragt, erläutert: «Das gemeinsame Engagement der beteiligten Institutionen ergibt inklusive eingebrachter Drittmittel ein Funding von 100 Millionen Franken. Und gleichzeitig gibt es nur wenige Forschungsunternehmen, die derart interdisziplinär angelegt sind. Jedes ausgewählte Forschungsprojekt muss von vornherein von For-

schern mehrerer Institutionen getragen sein, um überhaupt angenommen zu werden.» Dieser umfassende Ansatz wird im Projekt BigLink, einem von fünf Projekten des Forschungsschwerpunkts Klima- und Umweltveränderung (Climate and Environmental Change – CLENCH), besonders deutlich. Im Projekt arbeiten Forscher der ETH Zürich, der Eawag und der WSL zusammen. Sie untersuchen im Gebiet des Damma-Gletschers Verwitterungsprozesse, die Bodenentstehung und damit zusammenhängende Stoffflüsse, den Wasserhaushalt sowie ökologische Entwicklungen nach dem Rückzug des Gletschers. Das Versuchsfeld ist mit Messinstrumenten ausgestattet, die online Daten über die Wetterverhältnisse, den Wasserhaushalt, die Bodenverhältnisse usw. liefern. Täglich wird zudem der Gletscher fotografiert, um den Fortgang der Schneeschmelze, Eisdicke usw. zu dokumentieren. Anhand von Bodenproben werden Langzeitprozesse der Bodenbildung im Labor mit chemischen Methoden analysiert und rekonstruiert. Und schliesslich wird mit Hilfe von Versuchspflanzen untersucht, wie sich die Vegetation den sich wandelnden Bodenverhältnissen anpasst. BigLink wird Aussagen darüber erlauben, wie sich der Klimawandel auf Bodenentstehungsprozesse und die ökologische Dynamik auswirkt.

Im Projekt BioChange untersuchen Forscher der Eawag, der ETH Zürich und der WSL dagegen auf genetischer Ebene, wie sich der Klimawandel auf die Biodiversität in Alpenregionen auswirkt. Im Projekt TRAMM werden künstlich Erdbeben und Lawinnenniedergänge ausgelöst und die damit einhergehenden Prozesse aufgezeichnet. Die Erkenntnisse werden in Modelle integriert, mit denen die Auswirkungen von Klimaänderungen auf solche Naturereignisse vorhergesagt werden können. Mit extremen Umweltereignissen beschäftigt sich auch das Projekt EXTREMES. Hier werden neue statistische Verfahren entwickelt, mit denen aussergewöhnliche Klimaereignisse

wie starke Niederschläge oder hohe Ozonkonzentrationen besser erkannt, modelliert und in Prognosemodellen verwendet werden können. «Die statistischen Methoden, die in EXTREMES erarbeitet werden, sind für viele andere Projekte wertvoll», erläutert Gotsch.

Umweltwissen für Entscheidungsträger

An den genannten Projekten wird erkennbar, dass sich die Erkenntnisse der einzelnen Projekte zu einem Gesamtbild zusammenfügen. Es ist jedoch ein erklärtes Anliegen der CCES-Partner, das erarbeitete Umweltwissen nicht nur untereinander zu teilen, sondern auch nach aussen zu vermitteln. Im Projekt CLIMPOL beispielsweise stehen deshalb gezielt Umsetzungsstrategien und klima- und umweltpolitische Entscheidungen im Visier. «CCES möchte für nationale und internationale politische und

gesellschaftliche Entscheidungsträger wissenschaftlich fundierte, zukunftsorientierte Entscheidungsgrundlagen im Bereich Umwelt und Nachhaltigkeit bereitstellen», erklärt René Schwarzenbach, Vorsitzender des Lenkungsausschusses des CCES. «Das CCES ermöglicht Umweltforschung wie sonst nirgends in der Schweiz.» Als Professor und Vorsteher des Departments Umweltwissenschaften der ETH Zürich weiss er, wovon er spricht. //

Martina Märki

Ausführliche Informationen zum CCES und zu seinen Projekten unter:
→ www.cces.ethz.ch

Klimarelevante Zentren auf einen Blick

Center for Climate Systems Modeling (CzSM)

Das CzSM erarbeitet und nutzt komplexe Klima- bzw. klimarelevante Modelle, analysiert Klimadatensätze und bereitet den Einsatz der nächsten Generation von Hochleistungsrechnern vor.

Energy Science Center (ESC)

Das ESC erforscht Energiesysteme und erarbeitet übergreifende Energiestrategien. Es nutzt Synergien sich ergänzender energiebezogener Kompetenzen und stärkt die Kooperation zwischen industriellen und akademischen Forschungspartnern im Energiebereich.

Centre for Energy Policy and Economics (CEPE)

Das CEPE bildet eine Schnittstelle zwischen Technologie, Wirtschaft und Gesellschaft. Es ergänzt das naturwissenschaftlich und technisch orientierte Spektrum der ETH Zürich durch Forschung und Lehre auf dem Gebiet der Energiepolitik und Ökonomie.

Competence Center Energy and Mobility (CCEM-CH)

Das CCEM-CH, ein Kompetenzzentrum des ETH-Bereichs unter der Leitung des PSI, erforscht Technologien, welche die Energieeffizienz erhöhen, den Schadstoff- und CO₂-Ausstoss verringern und die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern durch den Einsatz von erneuerbaren Energieträgern senken.

Competence Center Environment and Sustainability (CCES)

Das CCES bündelt unter der Leitung der ETH Zürich Umweltkompetenzen des ETH-Bereichs, um – aufbauend auf solidem wissenschaftlichem und technischem Wissen – die Prinzipien der nachhaltigen Entwicklung in politische Programme zu integrieren und deren Umsetzung zu unterstützen.

Alle Informationen und weitere Zentren:
→ www.ethz.ch/themen/energy_and_climate_change

Wie Strom zum Erdöl für die Stadt der Zukunft wird

In den Metropolen dieser Erde wird sich entscheiden, ob der Menschheit der Umschwung in ein nachhaltiges Zeitalter gelingen wird. Dank intelligenter Technologien in den Bereichen Bau, Energie, Verteilnetze und Mobilität kann der Ausstoss von klimawirksamen Abgasen drastisch reduziert werden. Ein Blick in die Stadt der Zukunft.

Text: Samuel Schlaefli

Kühle, schattige Gassen, begrünte Alleen, Wasser überall, weite Fussgängerzonen, Elektromobile, die kaum hörbar an einem vorbeisurren. Kaminrohre sucht man auf den Hausdächern vergebens; eine riesige Solarfarm unweit des Stadteingangs liefert die Energie zum Kühlen, für Warmwasser und für den alltäglichen Stromverbrauch. Wer sich die Pläne und Visualisierungen des britischen Architekturbüros Foster + Partners anschaut, könnte meinen, die «Stadt der Zukunft» sei schon lange Realität. Bis 2023 soll im Emirat Abu Dhabi «Masdar City» entstehen, die erste klimaneutrale Stadt der Welt, mit dereinst 50 000 Einwohnern, vollständig elektrifiziertem Verkehr und Modellcharakter für die gesamte Welt. Trotzdem hat Hansjürg Leibundgut, Professor für Gebäudetechnik an der ETH Zürich, nur wenig für das Megaprojekt übrig: «Masdar wird mit Unmengen von Ölgeldern gebaut und hat mit der Situation in unseren bestehenden Städten nur wenig zu tun.» Der Professor

teilt jedoch eine Motivation mit den Planern von «Masdar»: Die Stadt der Zukunft soll vollständig CO₂-frei sein. Leibundguts Credo: weg mit den fossilen Brennstoffen, her mit der aus erneuerbaren Ressourcen gewonnenen Elektrizität. «Wir haben nicht ein Energieproblem, sondern ein Materialflussproblem», ist Leibundgut überzeugt. Es komme in erster Linie darauf an, wie Energie produziert werde; schliesslich gebe es auf der Erde genügend davon. Die Menge an Sonnenenergie übersteigt die Energienachfrage auf dem Globus 10 000-mal. Silizium zur Herstellung von Solarzellen ist ebenfalls reichlich vorhanden und die fertigen Solarzellen produzieren bis zu 30-mal mehr Energie, als für deren Produktion aufgewendet werden muss.

Technologien für das «grüne Haus» sind da

Für rund 30 Prozent der weltweiten CO₂-Emissionen ist heute der Energieverbrauch rund um das Gebäude verantwortlich. In der Schweiz



Bis ins Jahr 2050 werden laut Studien der UNO sieben Milliarden Menschen, also 75 Prozent der Menschheit, in Städten leben. In Metropolen, wie hier in Tokyo, wird der Kampf um eine nachhaltigere Zukunft entschieden.

sind es sogar 50 Prozent. Bereits an seiner Antrittsvorlesung vor drei Jahren forderte Leibundgut die Entkarbonisierung von Immobilien. Ein Ziel, das heute auch in der Energiestrategie der ETH Zürich zu finden ist, an welcher der Professor als Mitautor beteiligt war. «Es ist einfacher, CO₂-Reduktionen bei Immobilien zu realisieren, als beim Verkehr, da die Technologien dazu bestehen, diese kurzfristig realisierbar sind und die gesellschaftliche Akzeptanz relativ hoch ist», sagt Leibundgut. Was heute technisch schon möglich ist, zeigt er momentan anhand des Projekts «B35». In einem Neubau in Zürich sollen zehn innovative Gebäudetechnologien zur Anwendung kommen, die zwischen 2009 und 2011 zur Marktreife entwickelt werden, darunter eine neuartige Gebäudeisolation, Wärmerückgewinnung aus Abwasser und Scheiben mit hoher Licht- und geringer Wärmedurchlässigkeit. Mit Beteiligungen an einer Windenergieanlage im Jura und an einem Fotovoltaikpark in Spanien soll der gesamte

verbleibende Energiebedarf des Gebäudes und seiner Bewohner abgedeckt werden.

CO₂-freie Neubauten sind heute realisierbar, so viel steht fest. Doch wie sieht es mit den Millionen von bestehenden Bauten in unseren Städten aus? Viele dieser Gebäude sind auf eine Lebensdauer von Jahrzehnten ausgerichtet. «In den nächsten 50 Jahren wird die Effizienz von Stadtgebäuden um 50 Prozent steigen – und dies ohne wesentliche Transformation des bestehenden Städtebildes und ohne Komforteinbussen für den Einzelnen», ist Leibundgut überzeugt. Zu diesen Einsparungen würden in erster Linie neue Wärmedämmungen beitragen, die im Rahmen von Renovationen realisiert werden. So hat zum Beispiel die Empa kürzlich einen Verputz vorgestellt, der den Wärmefluss gegenüber herkömmlichen Materialien 30-mal minimiert. Bauliche Änderungen sind dazu nicht nötig; der alte Verputz wird abgeschlagen und der neue, intelligentere auf die Aussenwand aufgetragen. >

Innovationen wird es jedoch auch im Gebäudeinnenbereich geben: LED- oder OLED-Lampen, eine Art leuchtende Mikrochips, werden Glühbirnen, Halogenleuchten und Sparlampen ersetzen. «Mit der Hälfte des Stromverbrauchs werden wir in Zukunft ein angenehmeres Licht haben, das zudem vollständig dimmbar ist», erklärt Leibundgut. Noch ist diese Technologie zu teuer, doch Experten sind sich einig, dass sich LED/OLED in den nächsten sieben bis acht Jahren durchsetzen wird, ähnlich wie einst der LCD-Bildschirm. Neue, intelligente und selektive Fassadenglasscheiben ermöglichen zudem einen maximalen Lichteinfall in die Räume bei gleichzeitig minimalem Wärmedurchlass. Bürotürme aus Glas, die in warmen Regionen mit enormem Energieaufwand ganzjährig gekühlt werden, könnten schon heute damit nachgerüstet werden.

Die Umweltwärme in den Raum bringen

Die Energie, die trotz effizienter Geräte und Baumaterialien zum Unterhalt des Gebäudes nötig ist, soll in Zukunft über die Nutzung von Umweltwärme und mit Strom betriebenen Wärmepumpen abgedeckt werden. «Anerkennung» ist das Zauberwort: Anergie (Umweltwärme) gibt es praktisch überall: in der Umgebungsluft, in der Erde, der Abluft, dem Abwasser, der Fahrbahn und dem Grundwasser. Der durchschnittliche Haushalt braucht heute zum Heizen und für Warmwasser um die 42 Grad, darüber hinaus noch ein wenig heisses Wasser für den Abwasch. Laut Leibundgut werden zukünftig 80 Prozent der dafür verwendeten Energie der Umgebung entzogen. Die restlichen 20 Prozent werden über Strom zugeführt und dazu verwendet, die Umweltwärme über eine Wärmepumpe zu «veredeln», also in höhere Temperaturen zu überführen. «90 Prozent aller Gebäude können innerhalb der nächsten 50 Jahre in solche Low-Ex-Gebäude umgewandelt werden», glaubt Leibundgut. Grössere Umbauten sind dazu nicht nötig:

Der bisherige Heizkessel wird einfach durch einen Stromanschluss und eine Wärmepumpe ersetzt; das Wasser im bestehenden Wärmekreislauf wird nun über Anergie und Elektrizität aufgeheizt. «Schon alleine aus ökonomischen Überlegungen, getrieben durch einen zunehmend höheren Ölpreis, werden sich solche elektrifizierten Systeme durchsetzen», ist Leibundgut überzeugt.

Der Kühlschrank als Energiespeicher

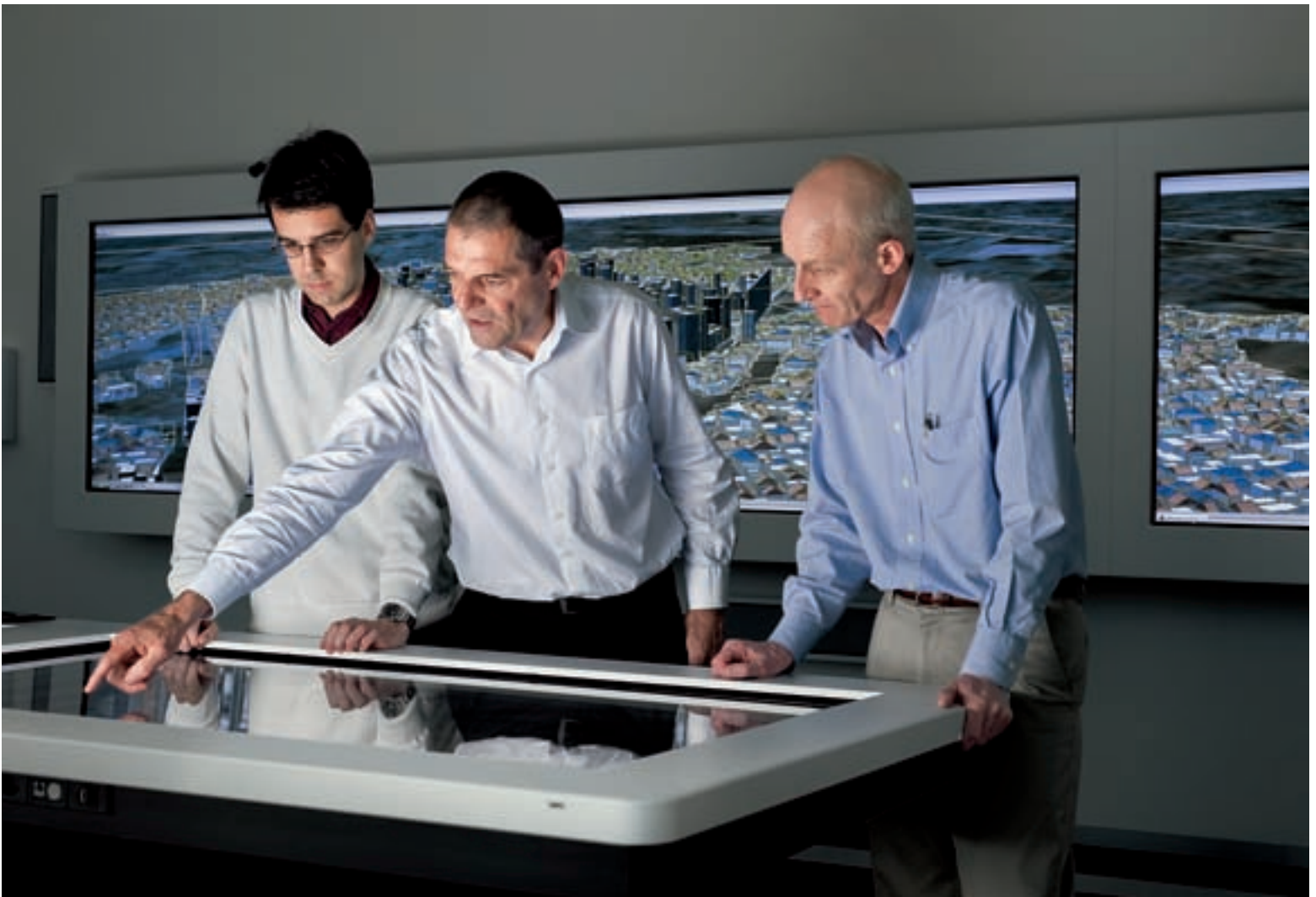
Wer eine ganze Stadt vom CO₂ befreien will und vollständig auf strombetriebene Wärmepumpen umsatteln will, braucht Unmengen an zusätzlichem Strom. Will man dazu nicht gleich mehrere neue Atomkraftwerke bauen, so müssen erneuerbare Primärenergiequellen erschlossen werden. Sonnen- und Windenergie sind jedoch oft nur zu bestimmten Tageszeiten und bei bestimmten Wetterlagen verfügbar. Damit steht die Stromindustrie vor einem neuen Problem: Mit Atomkraftwerken, Stauseen, Kohlekraftwerken und Dieselmotoren konnte sie ihre Stromproduktion jederzeit der jeweiligen Stromnachfrage anpassen. Nicht so jedoch bei den erneuerbaren Energien – vielleicht bläst der Wind in Norddeutschland gerade dann besonders stark, wenn ganz Europa am Schlafen ist. Dafür herrscht während der Spitzenzeit um sieben Uhr abends eine Flaute.

Zweierlei Lösungsansätze sind denkbar: Entweder wird überschüssige Energie in Batterien gespeichert, um später Flauten auszugleichen, oder die Nachfrage in den Haushalten und der Industrie passt sich automatisch der verfügbaren Energiemenge an. «Kühlschränke und andere temperaturgesteuerte Geräte könnten unsere neuen Stauseen werden», sagt Professor Göran Andersson vom Power Systems Laboratory der ETH Zürich. Damit spielt er auf die heutige Pufferfunktion von Stauseen als Energiespeicher an. Wenn zu viel Strom im Netz verfügbar ist, wird damit Wasser in die Seen

gepumpt. Später kann es über einen Generator wieder in Strom umgewandelt werden. In Zukunft könnten Millionen von Kühlschränken diese Pufferfunktion übernehmen. Das muss man sich wie folgt vorstellen: Läuft die Produktion der Fotovoltaikanlage in Südspanien oder die Windkraftanlage nahe Hamburg auf Vollgas, wird aber derzeit in den Haushalten nicht so viel Strom benötigt, so wird der Strom in Form von Kühlenergie in den intelligenten Kühlschränken eingelagert. Erhält der Kühlschrank später die Information, dass zurzeit nur wenig Strom produziert werden kann, so fährt er seine Leistung kurzfristig auf ein Minimum zurück. Später, wenn wieder genügend Elektrizität verfügbar ist, wird die verlorene Kühlenergie ausgeglichen. Komforteinbussen soll es dadurch keine geben, eine bestimmte Temperatur wird der Kühlschrank nie überschreiten; das Bier bleibt auch weiterhin kalt. Damit die Kommunikation zwischen Kühlschrank und Stromproduzent überhaupt möglich wird, müssen jedoch nicht nur die Endverbrauchsgeräte, sondern auch die Energieverteilernetze «intelligenter» werden.

«Smart Grid», Hirn der elektrifizierten Stadt

«Das geradlinig in eine Richtung konzipierte Energiesystem der Gegenwart hat ausgedient», sagt Andersson. Dies nicht nur wegen der intelligenten Geräte, sondern auch aufgrund einer neuen Aufgabenteilung zwischen Stromproduzent und Stromverbraucher. Bislang lief der Stromfluss immer von einer zentralen Energiequelle, zum Beispiel einem Atomkraftwerk, in den Haushalt. «Die Stadt der Zukunft wird von einem Zusammenspiel aus zentralen und dezentralen Energiequellen versorgt werden», glaubt Andersson. Mit dezentralen Energiequellen meint er unter anderem Einzelhaushalte, die zum Beispiel über Solarzellen selber Strom produzieren. Einen Teil davon nutzen sie für ihren Haushalt. Gleichzeitig speisen sie aber Stromüberschüsse wieder



Expertise für die Stadt der Zukunft: Fabrizio Noembrini vom Institut für Energietechnik, Hansjürg Leibundgut, Professor für Gebäudetechnik, und Göran Andersson, Professor am Institut für Elektrische Energieübertragung (v.l.n.r.).

in das Energieverteilnetz ein. Dadurch werden Stromendverbraucher auf einmal auch zu Stromproduzenten. Der Strom muss nun in zwei Richtungen fließen können.

Um all diese Mini-Energieflüsse aus unterschiedlichen Energiequellen zu steuern, diese mit dem Angebot der Grossproduzenten zu verbinden und gleichzeitig Angebot und Nachfrage stetig auszubalancieren, braucht es ein «Smart Grid», ein intelligentes Energieverteilnetz.

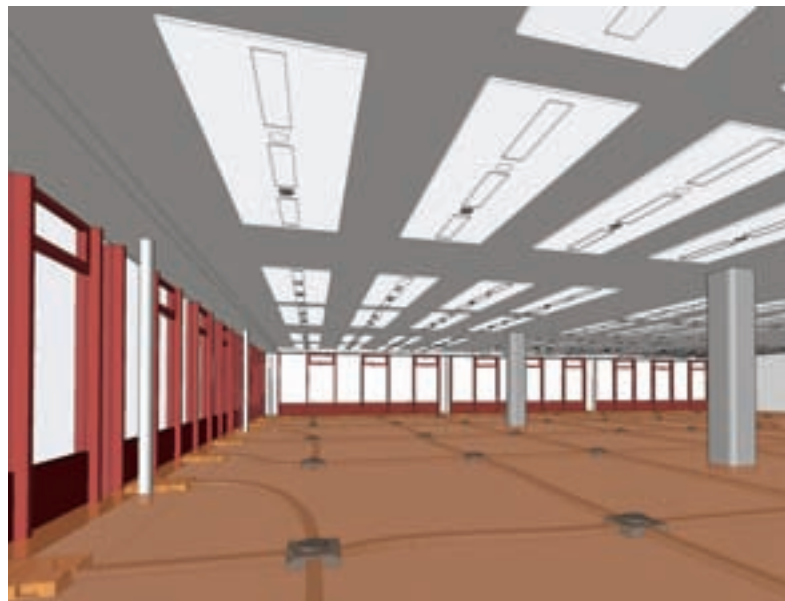
«Die bisherigen Netze waren passiv. Das Netz der Zukunft wird aktiv sein und die Effizienz beim Stromverbrauch deutlich erhöhen», so Andersson. Erst seit den bahnbrechenden Entwicklungen in der Informationstechnologie im letzten Jahrzehnt ist die Umsetzung eines solchen Stromnetzes überhaupt denkbar. Andersson schätzt, dass der grösste Teil der Investitionen für ein «Smart Grid» in die Informations- und Kommunikationstechnologie fließen würde; ein kleinerer Anteil in die Hardware – also zum Beispiel in unterirdische Stromleitungen mit besserer Übertragungskapazität. Vom Sparpotenzial und von der Investition in ein solches System scheint auch die

US-Regierung überzeugt zu sein. Sie investiert zurzeit elf Milliarden Dollar ihres Wirtschaftsstimuluspakets für die Entwicklung eines intelligenten Energienetzes. Auch ein grossangelegtes EU-Projekt beschäftigt sich momentan mit dem Thema und das Bundesamt für Energie plant zusammen mit Schweizer Netzbetreibern eine Pilotanlage in Rheinfelden. Daran sollen erstmals praktische Fragen eines zukünftigen «Smart Grid» getestet werden. Bisher eine internationale Einzigartigkeit, wie Andersson betont. Er war zusammen mit Arbeitskollegen in der Forschungsbegleitgruppe beratend dabei.

Auch die ETH Zürich forscht zurzeit an einzelnen Komponenten eines intelligenten Verteilnetzes. Im Jahr 2003 riefen Andersson und Professor Klaus Fröhlich das Projekt «Vision of Future Energy Networks» ins Leben. Die Forschungsgruppe steht in enger Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Energie sowie den drei grössten europäischen Energietechnikkonzernen ABB, Areva und Siemens. Ein zentrales Modellkonzept des Projekts ist der «Energy Hub». In einem solchen Hub sollen einst Elektrizitäts-, Gas- und Fernwärme- >



01



02

versorgung in einem System verbunden werden und dank Speichermöglichkeiten gleichzeitig erneuerbare, nur periodisch verfügbare Energien in die Stromversorgung mit einbezogen werden. Energieflüsse liessen sich damit aufeinander abstimmen und chemische, thermische und elektrische Energie mittels Konvertern ineinander umwandeln. Der einzelne Energieverbraucher soll dank des «Hub» die Quellen der genutzten Energie selber wählen und nach Kriterien wie Nachhaltigkeit, Kosten und Verfügbarkeit selbstständig anpassen können. Als «Hubs» schlagen Andersson und seine Mitarbeiter zum Beispiel Spitäler, grosse Fabriken, ganze Dörfer oder sogar kleine Städte vor. «Wir können auf die bestehende Energie-Infrastruktur zurückgreifen, die als «Hub» ausgebaut und vernetzt wird», erklärt Andersson. Zurzeit laufen dazu erste Fallstudien in Zusammenarbeit mit den Städten Bern und Baden.

Benzinmotor nur noch als Notlösung

Der Weg zum Energieverteilnetz für die CO₂-freie Stadt ist noch lang. Ein grosser Stolperstein ist die Energiespeicherung. Heute wären Batterien für die Speicherung grosser Strommengen noch viel zu teuer und viel zu gross. Die dezentralisierte Speicherung könnte jedoch Lösungen bieten: Anstatt in einer riesigen zentralen Batterie wird der Strom in vielen kleinen Batterien aufbewahrt – zum Beispiel

in Batterien von Elektroautos. «Nicht nur Kühlschränke, auch Autos könnten zu Stauseen der Zukunft werden», sagt Andersson.

Anders als die heute bereits verfügbaren teilelektrifizierten Hybridautos, die ihren Strom aus der Bremsleistung gewinnen, wird die nächste Generation, der Plug-in-Hybrid, den Strom direkt aus der Steckdose beziehen. Längere Strecken würden weiterhin über den Treibstoffmotor abgedeckt, kurze Strecken in der Stadt über den Elektromotor. «Das Schöne am Hybrid ist, dass die Elektrifizierung des Verkehrs graduell vorgenommen werden kann. In den kommenden Jahren werden wir noch vorwiegend mit Treibstoffen fahren; irgendwann ist der Treibstofftank dann nur noch die Notlösung für längere Distanzen», sagt Konstantinos Boulouchos, Professor am Institut für Energietechnik und Leiter des Energy Science Center (ESC). In der Energiestrategie der ETH Zürich, die 34 Experten des ESC 2008 verfasst hatten, heisst es, dass die Erreichung der Klimaziele des IPCC, also eine Stabilisierung der Temperaturerhöhung bei zwei Grad im Vergleich zum vorindustriellen Niveau, unter anderem eine Elektrifizierung des Individualverkehrs voraussetzt.

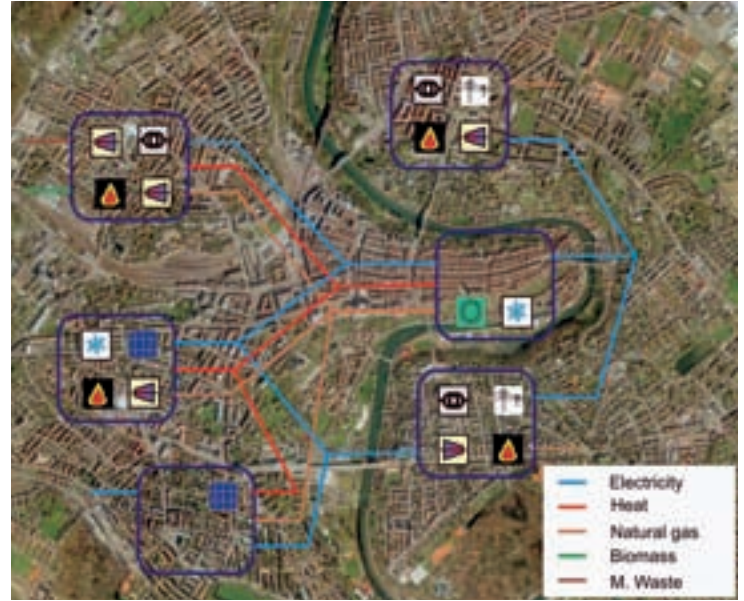
Über den Plug-in-Hybrid böte sich erstmals in der Geschichte der Autofahrt die Möglichkeit, Elektrizitätsinfrastruktur und Verkehrswesen zu koppeln. Das Konzept dazu heisst «Vehicle to Grid» (V2G). Plug-In-Hybride oder

später auch vollelektrifizierte Autos könnten nicht nur Strom vom Netz beziehen, sondern Stromüberschüsse in der Batterie auch wieder in das Energieverteilnetz einspeisen. Das Speicherpotenzial ist beträchtlich: Der durchschnittliche Autofahrer benutzt sein Fahrzeug lediglich während ein bis zwei Stunden am Tag, viele Stadtbewohner sogar noch weniger. Mit der Verbindung zum Stromnetz könnten Autos während der restlichen Zeit als Stromspeicher für kurzzeitig verfügbare Sonnen- und Windenergie genutzt und bei Stromengpässen wieder angezapft werden. Auf Parkplätzen wird das Fahrzeug mit dem Stromnetz verbunden und schliesslich per Bordcomputer genau bestimmt, wann wie viel Strom der Batterie den Netzbetreibern zur Verfügung stehen soll – zum Beispiel gerade so viel, dass es für die Rückfahrt von der Arbeit schliesslich immer noch reicht.

Auf der ganzen Welt spannen deshalb heute Energieproduzenten mit Autoherstellern und Hochschulen zusammen. Die ETH simuliert gemeinsam mit dem Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz) seit Anfang Jahr die Elektrifizierung des Zürcher Stadtverkehrs unter Berücksichtigung von V2G. Fabrizio Noembrini, der Koordinator des Projekts, glaubt, dass alle von V2G profitieren: Die Autofahrer könnten durch den Verkauf ihres Batteriestroms einen Teil ihrer Anschaffungskosten für den Plug-in-Hybrid amortisieren und den Stromprodu-



03



04

- 01_Ein Haus für die Zukunft: Im Projekt «B35» in Zürich kombinieren die Planer zehn innovative Gebäudetechnologien. Das Haus wird vollständig CO₂-frei betrieben werden.
- 02_Systeme für mehr Energieeffizienz: Die untereinander verbundenen Installationsboxen im Boden regulieren die Zuluft von aussen automatisch für ein optimales Klima im Innenraum. Die Deckenpaneele integrieren die Funktionen Heizen, Kühlen, Schallabsorption, Beleuchtung, Sprinkler und Abluft.
- 03_Das Auto der Zukunft könnte seinen Strom direkt aus der Steckdose beziehen. Sinnvoll ist das jedoch nur, wenn der Strom CO₂-frei produziert wird.
- 04_Ein zukünftiges Energieverteilnetz für die Stadt Bern: Sechs «Energy Hubs» erlauben die Speicherung, den gegenseitigen Austausch und die Umwandlung von Energie in Form von Wärme, Elektrizität, Naturgas und Biomasse.

zenten böte sich eine Möglichkeit, Stromengpässe kurzfristig auszugleichen. Konstantinos Boulouchos ist einer der Federführer des Zürcher V2G-Experiments. Bis in drei Jahren will seine Gruppe zusammen mit derjenigen von Professor Lino Guzzella einen Plug-in-Hybrid mit einer Reichweite von bis zu 50 Kilometern bauen. Trotzdem dämpft er zu hohe Erwartungen von einer baldigen Elektrifizierung des städtischen Verkehrs: «Langfristig muss der Individualverkehr elektrifiziert werden, wenn wir unsere Klimaziele erreichen wollen. Doch die Transformation der Autoindustrie, der Mobilitätsinfrastruktur und der Geschäftsmodelle braucht Jahrzehnte.» Noch seien die Kosten für die Batterien exorbitant hoch, zudem mache die Elektrifizierung erst dann Sinn, wenn der Strom tatsächlich auch CO₂-frei produziert wird. Für die kommenden zehn Jahre erhofft er sich deshalb in erster Linie kleinere und effizientere Autos sowie «Designer-Treibstoffe». Letztere sind synthetisch hergestellte Treibstoffe, die bei hohem Wirkungsgrad minimale Mengen an CO₂ emittieren – eines von Boulouchos Forschungsgebieten.

An den realen Gegebenheiten forschen

In «Masdar City» an der Ostküste der arabischen Halbinsel brüten zurzeit Ingenieure aus der ganzen Welt über dem ersten vollständig elektrifizierten «Personal Rapid Transit»-System; einer Art vollautomatischer,

öffentlicher Individualverkehr. Mit 2000 bis 3000 Elektromobilen soll nach Abschluss der Bauarbeiten im Jahr 2023 der gesamte motorisierte Individualverkehr von 40 000 Einwohnern und 50 000 Pendlern abgedeckt werden. Herkömmliche Autos mit Ottomotoren soll es keine geben. Genauso wie Leibundgut ist aber auch Boulouchos skeptisch. Er sieht in «Masdar City» in erster Linie eine gelungene Public-Relation-Aktion des Emirats. Das Konzept sei so nicht auf andere Städte anwendbar, besonders nicht auf bestehende. «Solche Projekte verursachen im besten Fall einen kurzfristigen Technologieschub. Wir müssen der Welt nun aber vor allem zeigen, dass auch unsere bestehenden Städte elektrifiziert und von klimawirksamen Gasen befreit werden können – zwar nicht von heute auf morgen, dafür aber langfristig und weltumspannend», sagt Boulouchos. //

→ leibundgut@hbt.arch.ethz.ch

→ www.viagialla.ch

→ andersson@eeh.ee.ethz.ch

→ www.future-energy.ethz.ch

→ boulouchos@lav.mavt.ethz.ch

→ www.esc.ethz.ch

Herausforderung für Stromerzeuger

Wenn die Stadt der Zukunft auf Strom basiert, dann sind sie besonders gefragt. Drei Vertreter der Schweizer Energiewirtschaft legen dar, wie sie als Stromproduzenten auf das Problem Klimawandel reagieren.



Dr. Conrad Ammann, Direktor ewz, Elektrizitätswerk der Stadt Zürich

ewz – die Energie am Puls der Zeit

«Der aktive Klimaschutz und die Erhaltung der Lebensqualität gehören zu unserer Strategie. Seit der Tarifrevision im Jahr 2006 haben unsere Kundinnen und Kunden in der Stadt Zürich die Wahl zwischen verschiedenen Stromprodukten. Die Nachfrage nach Ökostrom hat sich seither massiv erhöht. Die Zertifizierung weiterer ewz-eigener Wasserkraftwerke mit dem Label naturemade star wird angestrebt, um den steigenden Bedarf zu decken. In der Volksabstimmung vom 30. November 2008 entschieden sich die Stadtzürcherinnen und Stadtzürcher zudem für den langfristigen Verzicht auf Kernenergie, für Nachhaltigkeit und

die 2000-Watt-Gesellschaft. ewz fördert erneuerbare Energien aus Überzeugung. Unser neuer Geschäftsbereich «Erneuerbare Energien und Energieeffizienz» kümmert sich eigens um die Erzeugung und Beschaffung von Ökostrom. Bis 2018 soll der Anteil der erneuerbaren Energien rund zehn Prozent der Stromproduktion von ewz betragen. ewz fördert mit der ewz.solarstrombörse aktiv die Solarenergie, engagiert sich beim Bau und Betrieb von Windkraftanlagen und in der Förderung der Geothermie.

Auch unsere Energiedienstleistungen sehen sich einer steigenden Nachfrage gegenüber. Durch optimierte Wärme- und Kälteanlagen kann der CO₂-Ausstoss reduziert werden – ein weiterer wichtiger Beitrag zur umweltschonenden und wirtschaftlichen Stromversorgung.

Um die Folgen des Klimawandels mildern und Energieengpässe umgehen zu können, sind Wirtschaft und Wissenschaft gefordert. Kooperationen sind auf verschiedenen Ebenen nötig. Energieprojekte der ETH Zürich mit umweltpolitischen Fragestellungen werden durch ewz unterstützt: Am Institut für Mess- und Regeltechnik entwickeln Studierende im Projekt Formula Hybrid alternative Antriebsformen anhand eines Sportwagen-Prototyps. Darüber hinaus gehen Förderbeiträge in der Höhe von zwei Millionen Franken an die ETH-Energieinitiative zur Schaffung neuer Professuren in der elektrischen Energietechnik. Wir freuen uns auch in Zukunft auf eine erfolgreiche Zusammenarbeit.» //

→ www.ewz.ch



Dr. Urs Rengel, CEO Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ)

Strom ist der Schlüssel zur Energieeffizienz

«Als Energiedienstleister, der heute rund eine Million Menschen mit Strom versorgt, setzen sich die Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ) bereits seit den 80er-Jahren für einen sorgfältigen Umgang mit der Ressource Energie und für die Reduktion des klimaschädigenden CO₂-Ausstosses ein. Vor zwei Jahren haben wir unsere Massnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz und zur Förderung erneuerbarer Energien in einer Umweltinitiative gebündelt und verstärkt. Über insgesamt fünf Jahre werden im Rahmen der Initiative rund 30 Millionen Franken bereitgestellt, um unsere Privat- und Grosskunden in ihren Bemühun-

gen ums Energiesparen zu unterstützen, zum Beispiel durch Beratungsleistungen, Förderbeiträge und Vergünstigungen. Ergänzt wird das Angebot durch eine eigene CO₂-Kompensationsplattform, einen Innovationsfonds zur Förderung von Forschungsprojekten im Bereich erneuerbarer Energien und unser Engagement im Bereich Elektromobilität.

Strom ist der Schlüssel zur Energieeffizienz. Überall, wo Energie verbraucht wird – sei es beim Heizen oder im Verkehr –, lässt sich mit dem Einsatz von Strom der Wirkungsgrad steigern, mit weniger Ressourcen mehr erreichen, die Gesamtenergiebilanz deutlich verbessern und CO₂ einsparen. Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz realisieren sich aber nicht von selbst. Sowohl Unternehmen als auch Private müssen sich aktiv engagieren. Die Rolle der Politik ist es dabei, mit einer sinnvollen Mischung aus Motivation und Vorschriften energieeffiziente Massnahmen zu fördern. Die Rolle der Wissenschaft ist es, klare Schwerpunkte in den Bereichen Energie- und Elektrotechnik zu setzen, damit energieeffiziente Zukunftstechnologien den Weg auf den Markt finden.» //

→ www.ekz.ch



Kurt Rohrbach, Direktionspräsident,
BKW FMB Energie AG, Bern

Nicht alles auf eine einzige Karte setzen

«Unser Land ist eines der wenigen weltweit, das seinen Strom praktisch CO₂-frei produziert. Die Schweiz setzt auf einen breiten Produktionsmix, der Strom aus diversen Energiequellen und mit unterschiedlichsten Technologien gewinnt. Hier setzt die BKW FMB Energie AG an. Wir haben uns das langfristige Ziel gesetzt, unsere CO₂-neutrale Produktion in der Schweiz zu erhalten und auszubauen. Wir investieren verstärkt in neue erneuerbare Energien, wir optimieren unsere Wasserkraftwerke und fördern die effiziente Anwendung von Strom. Trotzdem bleiben Grosskraftwerke notwendig. Unsere Aufgabe ist es, diese so umweltscho-

nend wie möglich einzusetzen. Die Resultate der Wissenschaft unterstützen uns dabei.

Der Klimawandel betrifft Stromproduzenten insbesondere bei der Wasserkraftnutzung, fordert uns aber auch bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe. Die Wissenschaft soll uns dabei unterstützen, die Zusammenhänge zwischen der Klimaveränderung und unserem Kerngeschäft besser verstehen und einschätzen zu können sowie Technologien zur Reduktion von CO₂-Emissionen weiter voranzutreiben. Die Schweizer Energiebranche bündelt ihre Kräfte in der Forschungskoordination «swisselectric research». Diese arbeitet unter anderem intensiv mit dem ETH-Bereich zusammen. Die Wissenschaft kann verschiedene Lösungsansätze aufzeigen und diese untereinander vergleichen.

Resultate der Wissenschaft müssen jedoch auch hinterfragt werden dürfen. Es hilft kaum, wenn wir alle undifferenziert in dieselbe Richtung drängen und alles auf eine einzige Karte setzen. Diese kritische Aufgabe zu übernehmen sehe ich auch als eine Rolle der Politik. Es ist auch an der Politik, die geeigneten Rahmenbedingungen zu erlassen, die uns erlauben, unsere Kunden weiterhin zuverlässig, wirtschaftlich und umweltschonend mit Energie zu versorgen.» //

→ www.bkw-fmb.ch



Für die Verbesserung der Windenergie geht der ehemalige Raumfahrt-Ingenieur auch ins Wasser: Mit Hilfe der wassergetriebenen Miniturbine im Labor kann Professor Ndaona Chokani (rechts) vom Laboratory for Energy Conversion (LEC) der ETH Zürich das Verhalten von Windenergieanlagen modellieren und optimieren.

Windenergie in Fluss bringen

Professor Ndaona Chokani und das Laboratory for Energy Conversion (LEC) an der ETH Zürich haben etwas gemeinsam: Beide kennen sich aus mit Strömungsmaschinen und stellen ihr Know-how neu in den Dienst der erneuerbaren Energien. Chokani leitet die Gruppe Windenergie im LEC. Sie will das Risiko und die Kosten verringern, die mit dem Bau von Windenergieanlagen verbunden sind.

Turbinen, Propeller, Ventilatoren, Pumpen und Triebwerke gehören zum Kerngeschäft des LEC. Diese so genannten Strömungsmaschinen erzeugen Elektrizität mit Hilfe von Flüssigkeiten oder Gasen, die in Bewegung sind. Oder sie versetzen Flüssigkeiten oder Gase in Bewegung (z.B. Pumpen). An der ETH hat die Forschung auf diesem Gebiet eine lange Tradition. Das LEC (früher Labor für Strömungsmaschinen, LSM) macht solche Maschinen effizienter. Mit dem Klimawandel bekam ein Aspekt dieser Arbeit zusätzliches Gewicht: Mehr Effizienz bedeutet auch weniger Emissionen. Dieser neue Fokus lenkte den Blick des Labors in Richtung erneuerbare Energien und damit zu den Windturbinen.

Grosses Wachstumspotenzial

«Dass wir uns dafür interessieren, liegt nahe», sagt Professor Ndaona Chokani, der als Senior Scientist seit anderthalb Jahren die Gruppe Windenergie leitet. «Es ist die Fortsetzung dessen, was wir mit Antriebssystemen gemacht haben, die mit fossiler Energie laufen.» Im beruflichen Werdegang des gebürtigen Malawiers geschah eine ähnliche Verschiebung. Der 47-jährige Ingenieur wirkte während 17 Jahren an amerikanischen Universitäten in den Bereichen Raumfahrt und Hochgeschwindigkeitsflugzeuge. Dabei arbeitete er vor allem mit der US-amerikanischen Luft- und Raumfahrtbehörde NASA zusammen. Vor zweieinhalb Jahren kam er an die ETH und begann, sich um Wind zu kümmern. Es war kein schlechter Zeitpunkt. «Die Nutzung der Windenergie ist geradezu explodiert», sagt Chokani. «In den letzten zehn Jahren hat sie global um den Faktor 15 zugenommen.»

Die Flatterhaftigkeit des himmlischen Kindes macht die Nutzung allerdings anspruchsvoll. Das LEC hat Windprojekte auf der ganzen Welt angeschaut und festgestellt, dass es solche gibt, die nur einen Bruchteil dessen abwerfen, was sich die Investoren erhofft haben. In anderen Fällen wurden die Erwartungen dagegen

massiv übertroffen. «Wir stellen uns deshalb die Frage, wie wir das Risiko von Windenergieentwicklung reduzieren können», sagt Chokani. Dazu muss man zuerst wissen, woher der Wind weht.

Schwierige Verhältnisse

In Norddeutschland, wo das Meer nah und das Land flach ist, ist das leichter zu beantworten als etwa in der Schweiz. Hierzulande liegen die guten Standorte für Windturbinen im Jura und in den Alpen, wo die Strömungsverhältnisse komplex sind. Sie zu verstehen – in der Schweiz und auf der ganzen Welt – ist eine der Aufgaben, die sich Chokanis Gruppe vorgenommen hat. Dazu macht sie Messungen an Orten, wo Turbinen stehen oder geplant sind. Anschließend werden die Daten mit Hilfe einer speziellen Versuchsanlage im Labor modelliert. Die Miniturbine funktioniert mit Wasser statt mit Wind und ihre Rotorblätter sind statt 50 Meter bloss wenige Zentimeter lang. Sie wurde für ein Projekt mit Flugzeugtriebwerken entwickelt und es hat sich gezeigt, dass sie die realen Verhältnisse sehr gut simulieren kann. Einer der Vorteile der Anlage: Wenn man am Montagmorgen um 10 Uhr mit einem Wind von 20 Metern pro Sekunde experimentieren will, so kann man das tun, unabhängig von den realen Wetterverhältnissen draussen. In der kontrollierten Umgebung können die Forscher schneller erkennen, was um eine Windturbine herum geschieht, wie sie reagiert und wie ihr Design verbessert werden könnte. «Eine Windturbine, die in Norddeutschland eine gute Leistung erzielt, tut das nicht notwendigerweise auch auf einem Gebirgspass», erklärt Chokani. Eis, Böen und Turbulenzen können Anpassungen notwendig machen.

Der optimale Standort

Mit den Ergebnissen der Experimente draussen und im Labor wird ein Computermodell entwickelt. Es soll dereinst zuverlässig voraussagen können, wie viel Strom eine Windturbine pro-

duziert, wenn man es mit topografischen und meteorologischen Daten ihres Standorts füttert. Das Modell soll auch errechnen können, an welcher genauen Position die Turbine am meisten leistet. Verschiebt man eine Windturbine um wenige Meter, kann das die Leistung um fünf bis zehn Prozent verändern. Mit Hilfe des Modells soll auch die optimale Anordnung Dutzender von Turbinen in Windfarmen bestimmt werden können.

Die Standortüberlegungen sind damit noch nicht abgeschlossen. Die Position einer Turbine, die maximale Energieproduktion verspricht, ist aus finanzieller Sicht nicht notwendigerweise die beste. Weitere Faktoren wie die Bodenbeschaffenheit müssen berücksichtigt werden. Liegt die leistungsstärkste Position zum Beispiel auf un stabilem Boden, müssten Pfähle in den Grund getrieben werden. Die zusätzlichen Kosten können den höheren Ertrag zunichte machen. Ökonomisch bedeutsam ist auch die Dauer des Planungsprozesses. Heute müssen Bauherren in der Regel ein Jahr lang Messungen machen, um zu wissen, wie gross das Potenzial eines Standorts ist. «Wir wollen diese Zeit mit unseren Modellen auf einen bis zwei Monate drücken», sagt Chokani.

Finanzielle Überlegungen sind zentral für den Erfolg einer Technologie. «Die Bank gibt nur Geld, wenn sie weiss, dass etwas herauskommt», weiss Chokani. Mit genauen und raschen Prognosen über die Wirtschaftlichkeit von Windenergieanlagen will er mithelfen, Investoren zu überzeugen und so Zeichen zu setzen für eine klimafreundlichere Zukunft: «An etwas zu arbeiten, das Auswirkungen auf Generationen haben wird, ist für einen Ingenieur interessant.» //

Andreas Minder

→ www.lec.ethz.ch/research/environment_renewable_energy/wind_turbine
→ chokani@lec.mavt.ethz.ch

«Wir müssen die richtigen Signale setzen!»

Wird der Markt richten, der Einzelne oder der Staat? Wie Massnahmen gegen den Klimawandel realisiert werden können, diskutieren ETH-Forscherinnen und -Forscher aus Sozial- und Wirtschaftswissenschaften.

Text: Martina Märki

Das Kyoto-Protokoll, das Staaten zur Reduktion ihrer Treibhausgasemissionen verpflichtet, wird 2012 auslaufen. Ende 2009 wird in Kopenhagen über die Nachfolgeregelung verhandelt. Wie wichtig ist diese Konferenz?

Renate Schubert: Kopenhagen ist sehr wichtig. Klimaforscher sind sich immer sicherer, dass wir nur noch knapp eine Chance haben, die Klimaerwärmung zu stoppen, bevor sich die globale Durchschnittstemperatur um mehr als zwei Grad Celsius erhöht. Deshalb muss man sich jetzt international darüber verständigen, dass man rasch handelt. Das beste wäre natürlich, wenn man ein für alle Beteiligten akzeptables Modell entwickeln könnte, wer wie stark für die Lasten des Klimawandels aufkommen muss; aber das wird vermutlich nicht zu erreichen sein.

Bieten die Wirtschaftswissenschaften Lösungsmodelle für eine sinnvolle Lastenverteilung?

Lucas Bretschger: Es gibt im Prinzip zwei Sichtweisen. Die eine besagt, dass grosse Emitten-

tenländer stark verantwortlich sind. China ist insgesamt sehr stark verschmutzend. Allerdings ist in China der Prokopfausstoss an Treibhausgasen viermal geringer als in den USA. Indien ist mit acht Prozent der Weltmissionen auch ein relativ grosser Verursacher, aber pro Kopf sind es nur 1,8 Tonnen pro Jahr, was noch einmal viel weniger ist als in China. Und nun stellt sich die Frage: Können wir aufgrund von reinen Effizienzkriterien entscheiden, oder sollen wir Egalitäts- oder gar Fairnessprinzipien und die vergangenen Emissionen hinzuziehen? Wir werden um diesen zweiten Aspekt nicht herumkommen.

Ist Kopenhagen wirklich so entscheidend oder gibt es genügend andere gesellschaftliche Kräfte, beispielsweise den Markt, die auf die Klimaproblematik reagieren?

Andreas Diekmann: Kopenhagen ist so wichtig, weil es internationale Abkommen braucht. Wenn Kopenhagen scheitert, wird es ein paar bescheidene Alleingänge geben, das reicht nicht. Seit Kyoto hat der weltweite CO₂-

Ausstoss zugenommen, in letzter Zeit sogar beschleunigt. Die Schwellen- und Entwicklungsländer haben einen Nachholbedarf und müssen zudem eine wachsende Bevölkerung ernähren. Um das Zwei-Grad-Ziel zu erreichen, muss man also äusserst ambitionierte Grenzwerte setzen.

Bretschger: Das Klimaproblem ist ein Umweltproblem, das die Märkte nicht lösen können. Emissionen sind Externalitäten, die der Markt nicht bestraft. Deshalb muss das Problem über Regelungen auf staatlicher und internationaler Ebene gelöst werden. Die Freiwilligkeit als Prinzip haben wir in der Schweiz ausprobiert, sie führt nicht zum Ziel. Was sich noch vermehrt durchsetzen muss, ist das Bewusstsein, dass den Kosten zur Vermeidung des Klimawandels die Kosten des Klimawandels selbst gegenübergestellt werden müssen.

Lassen sich die Folgekosten des Klimawandels und die Mittel, die aufgebracht werden müssten, um den Klimawandel zu verhindern oder sich anzupassen, beziffern?



Andreas Diekmann, Professor für Soziologie, Volker Hoffmann, Professor für Nachhaltigkeit und Technologie, Lucas Bretschger, Professor für Ressourcenökonomie, und Renate Schubert, Professorin für Nationalökonomie, sind überzeugt, dass Massnahmen gegen den Klimawandel deutlich weniger kosten als die Folgeschäden des Klimawandels selbst.

Bretschger: Die Berechnungen zeigen, dass wir in Zukunft mit sehr empfindlichen Verlusten rechnen müssen, wenn wir nichts gegen den Klimawandel unternehmen. Die Folgekosten des Klimawandels könnten in gewissen Weltregionen zehn Prozent des Bruttosozialprodukts übersteigen. Die Kosten, die wir aufbringen müssen, um den Klimawandel zu vermeiden, lassen sich demgegenüber mit wenigen Prozenten, eventuell weniger als ein Prozent des Bruttosozialprodukts, beziffern. Wichtig ist die Erkenntnis, dass «business as usual» nicht einfach heisst, das Wachstum geht weiter wie bisher, sondern dass wir in eine grosse Risikosituation hineingeraten.

Volker Hoffmann: Man darf auch die zeitliche Entwicklung nicht aus den Augen lassen. Man braucht eine gewisse Vorlaufzeit, wenn man neue Massnahmen umsetzen will. Firmen und Investoren mögen Unsicherheiten nicht. Deshalb ist es extrem wichtig, möglichst frühzeitig verbindliche Signale zu setzen. >

Zu den Personen

Lucas Bretschger ist Professor für Ressourcenökonomie am Departement Management, Technologie und Ökonomie: Er untersucht den langfristigen Zusammenhang zwischen Ressourcenverbrauch und Wachstum von Volkswirtschaften unter den Gesichtspunkten der nachhaltigen Entwicklung.
→ lbretschger@ethz.ch

Andreas Diekmann ist Professor für Soziologie am Departement Geistes-, Sozial- und Staatswissenschaften: Unter anderem erforscht er in Experimenten Kollektivgutprobleme und kooperatives Verhalten, ausserdem führt er landesweit den Umweltsurvey durch.
→ andreas.diekmann@soz.gess.ethz.ch

Volker Hoffmann ist Professor für Nachhaltigkeit und Technologie am Departement Management, Technologie und Ökonomie: Er untersucht Unternehmensstrategien und Innovationsmecha-

nismen, zum Beispiel in Zusammenhang mit dem Klimawandel.

→ vhoffmann@ethz.ch

Renate Schubert ist Professorin für Nationalökonomie und leitet an der ETH das Institut für Umweltentscheidungen (IED). Im Zusammenhang mit dem Klimawandel interessiert sie, wie man den Weg vom Wissen zum Handeln verkürzen kann. Im Mittelpunkt der Untersuchungen stehen Entscheidungsträger, Konsumentinnen und Konsumenten, Bürgerinnen und Bürger oder Politikerinnen und Politiker.

→ schubert@econ.gess.ethz.ch

Renate Schubert und Volker Hoffmann sind am Projekt ClimPol des Competence Center Environment and Sustainability (CCES) beteiligt.

→ www.cces.ethz.ch/projects/clench/CLIMPOL



Wann sind Unternehmen bereit zu handeln?

Hoffmann: Aus unserer Forschung wissen wir, dass ein wesentlicher Treiber für Unternehmen Einflüsse von aussen sind. Regulierungen sind ein besonders wichtiger Einflussfaktor. Ein anderer Einflussfaktor ist öffentlicher Druck, der sich insbesondere als Druck vom Finanzmarkt niederschlagen kann. Es gibt beispielsweise Finanzmarktakteure, die Rechenschaft von Unternehmen darüber verlangen, wie viel sie emittieren, wie sie Emissionen zu senken gedenken usw. Wenn wir es schaffen, Klimawandel auf die Businesssebene herunterzubrechen und in diesem System greifbar zu machen, dann werden die Unternehmen reagieren.

Wie bringen wir den Klimawandel auf die Businesssebene?

Hoffmann: Naiv gesprochen muss sich der Klimawandel in der Profit- und Verlustrechnung, in der Rechnungslegung des Unternehmens widerspiegeln. Es kann sein, dass dies über weiche Treiber wie Reputation oder Markenimage geht, diese Treiber wirken aber eher mittel- bis langfristig. Regulierungen wie der europäische Emissionshandel sind schneller wirksam, weil CO₂ dann sofort einen Preis hat.

Könnte sich das Problem auch über den Ölpreis regeln?

Hoffmann: Ich glaube, bezüglich der Emissionen werden sich die Märkte nicht selbst regulieren. Aber sehr hohe Ölpreise könnten Unternehmen dazu bringen, auf umweltfreundlichere Energieformen umzusteigen.

Bretschger: Das Problem ist, dass die Ölpreisentwicklung bisher sehr schwankend war. Wichtig ist ja die langfristige Verlässlichkeit

von Signalen, und die ist beim schwankenden Ölpreis nicht gegeben. Deshalb ist ein Eingreifen der Wirtschaftspolitik notwendig.

Das klingt so, als kämen auf die Unternehmen vor allem Belastungen zu.

Hoffmann: Es gibt auch wirtschaftliche Chancen. Wir wollen mittel- bis langfristig die wirtschaftlichen Aktivitäten dekarbonisieren. Also brauchen wir Ersatzformen der Energiegewinnung. Wir werden weiterhin mobil bleiben wollen, also werden wir neue Formen der Mobilität entwickeln müssen. Da werden unternehmerische Lösungen gefragt sein. Einige Unternehmen werden schlechter dastehen als bisher, insbesondere die, die sehr stark von fossilen Energieträgern abhängig sind. Aber eine ganze Reihe von Unternehmen wird auch Wettbewerbsvorteile finden, indem sie klimafreundlichere Produkte entwickeln.

Dennoch: Die Wirtschaft allein wirds nicht richten.

Schubert: Nein. Wir brauchen die staatlichen Rahmenbedingungen, damit das alles schnell genug geht. Die CO₂-Menge, die bis zum Jahr 2050 höchstens emittiert werden darf, damit das Zwei-Grad-Ziel nicht überschritten wird, ist begrenzt. Von dieser Menge haben wir bereits jetzt ein Drittel aufgebraucht. Wir müssen also ziemlich schnell und drastisch unsere CO₂-Emissionen runterfahren, und das ist mit Markt und Freiwilligkeit allein nicht hinzukriegen. Da muss schon mehr Druck dahintergesetzt werden.

Diekmann: CO₂-Abgaben, Emissionszertifikate, Mengensteuerung...

Schubert: Genau. Allerdings muss man aufpassen. CO₂-Besteuerung, das klingt beispielswei-

se in amerikanischen Ohren ganz fürchterlich: In den USA kann man alles machen, nur darf man das Wort Steuer nicht benutzen... Man muss also je nach politischer Kultur in einem Land unterschiedliche Wege zur CO₂-Minderung beschreiben.

In der Schweiz steht die Revision des CO₂-Gesetzes bevor. Was sagen Sie zu den Varianten, die diskutiert werden?

Bretschger: Die erste Variante legt den Fokus auf die Vermeidung von Emissionen im Inland, die zweite Variante sieht mehrheitliche Vermeidung im Ausland vor. Ich sehe die grossen Vorteile bei der Inlandvermeidung im Sekundärnutzen, beispielsweise bei der Technologieentwicklung im Land. Vorteilhaft ist, dass das entsprechende Geld im Inland investiert wird. Die Technologieimpulse, die so bei uns entstehen, werden für die ganze Welt als «best practice» nutzbar sein. Es ist aber richtig, dass zumindest derzeit ein Emissionshandel mit dem Ausland die billigere Lösung ist. Wir können bei der Variante «Vermeidung im Ausland» aber ganz schlecht überprüfen, was wir eigentlich einkaufen, die effektive Vermeidung von CO₂ ist also nicht garantiert.

Plädieren Sie also für die Inlandvermeidung?

Diekmann: In Bezug auf die Ideen zur Joint Implementation oder Auslandsvermeidung ist es zwar bestechend, wenn man an die Kohlekraftwerke in China denkt, wenn man dort eine Tonne CO₂ weniger für einen Bruchteil des Aufwands in der Schweiz erreichen kann. Nur muss man dafür funktionierende Institutionen haben und kontrollieren können, ob diese Einsparungen tatsächlich gemacht werden.



Transporte machen heute ein Drittel des Energieverbrauchs aus. Ökonomen sagen: Mobilität, Transporte und Energie sind zu billig. In einer klimafreundlichen Gesellschaft können wir nicht mehr gleich wirtschaften wie bisher.

Welchen Einfluss hat die Finanzkrise auf klimapolitische Entscheide?

Schubert: Interessant ist, dass man am Beispiel Finanzkrise gesehen hat, dass es offenbar doch möglich ist, in sehr kurzer Zeit sehr grosse Geldbeträge in die Hand zu nehmen, um damit etwas zu machen. Beim Klima hat man ja immer argumentiert: Das ist zu teuer, das geht nicht.

Grüne Politiker hoffen jetzt auf eine Chance für grüne Konjunkturprogramme ...

Schubert: Wenn man sich die Konjunkturprogramme der verschiedenen Länder genauer ansieht, wie wir das kürzlich sehr detailliert gemacht haben, dann stellt man fest, dass in diesen Konjunkturprogrammen die grüne Komponente ausgesprochen gering ist. Allgemein wird die Chance, jetzt die Mittel in Richtung «Low Carbon Economy» zu lenken, nur sehr wenig genutzt. Der Anteil Mittel, der in grüne Bereiche geht, liegt meist zwischen sieben und 15 Prozent. Viele der Gelder wurden allerdings noch nicht ausgegeben. Sie sind zwar grob schon bestimmten Bereichen zugeordnet worden, aber in der konkreten Ausgestaltung ist da politisch in vielen Ländern noch Spielraum. Es heisst auch hier: am Ball bleiben.

Bretschger: Ich bezweifle, dass es sinnvoll wäre, jetzt sehr viel Geld in eine bestimmte Richtung zu lenken. Eine schockartige Geldflut für den grünen Bereich birgt die Gefahr, dass nicht alle Mittel sinnvoll verwendet werden. Ökologisch besser wäre es, wenn wir einen konstanten Anreiz hätten, uns in die ökologische Richtung zu entwickeln. Die Preise müssten verstetigt werden, die staatlichen Hilfen müssten verstetigt werden usw. Unsere Untersuchungen zeigen, dass es viel wirksamer ist, die Zeichen lang-

fristig so zu setzen, dass Energie relativ teuer ist und dass Verschmutzung einen Preis hat. Dann geschehen viele Entwicklungen in den Unternehmen ganz von selbst und sehr viel nachhaltiger für das gesamte System.

Wie wichtig ist den Bürgerinnen und Bürgern das Thema Klimawandel?

Diekmann: Wir haben Ende 2006, Anfang 2007 unseren Umweltsurvey aus den 90er-Jahren wiederholt. Im Umweltsurvey 2007 zeigt sich, dass das Problembewusstsein der Schweizerinnen und Schweizer in Bezug auf den Klimawandel stark gewachsen ist. Klimawandel als wahrgenommenes Risiko steht an der Topposition.

Aber fehlt nicht der Schritt vom Problembewusstsein zum Handeln?

Diekmann: Klar, vom Kopf zur Hand ist es ein weiter Weg. In Experimenten konnten wir feststellen, dass bei der Wahl von ökologischen Produkten oder umweltfreundlichen Technologien der Preis eben doch eine ganz entscheidende Rolle spielt. Wir haben im Experiment in Einkaufsläden mal mit moralischen Appellen und mal mit Preisreduktionen für ökologische Produkte geworben. Der moralische Appell hatte nur geringe Wirkung, aber bei den Preisreduktionen stieg die Nachfrage deutlich in die Höhe.

Schubert: In unseren Untersuchungen merkten wir, dass gewisse Defaultmechanismen auch sehr nützlich sind. Man macht sich die Bequemlichkeit der Leute zunutze und bietet ihnen beim Hausbau von vornherein die Beleuchtung mit Energiesparlampen an. Selbst wenn sie kostenlos die Option haben, diese gegen normale Glühlampen auszuwechseln, ma-

chen dies die wenigsten. Man kann also auch auf der psychologischen Ebene ansetzen.

Also bräuchten wir nicht nur Regulierungen, sondern einen regelrechten Kulturwandel?

Diekmann: Richtig, und zwar einen grossen! Vor allem brauchen wir einen Umbau von Institutionen und Regelungen, so dass die Anreize in die richtige Richtung weisen. Das wird auch die Entwicklung effizienter Technologie beflügeln. Ein individuelles ökologisches Bewusstsein allein wird den Ressourcenverbrauch nicht drastisch vermindern. Dennoch ist Umweltbewusstsein sehr wichtig, weil nur eine umweltbewusste Bevölkerung die ökologische Modernisierung an der Wahlurne unterstützt.

Bretschger: Langfristig werden sich gerade die Transportgewohnheiten drastisch ändern müssen; Transporte machen ein Drittel des Energieverbrauchs aus. Auch die Siedlungsstrukturen werden sich ändern, die internationale Arbeitsteilung wird sich ändern usw. Wir können die Güter nicht mehr zehnmal um die Erde schicken, bevor wir sie verbrauchen.

Diekmann: Wenn die Transportpreise höher wären, würde sich das automatisch regulieren. Interessant ist, dass wir Europäer heute schon pro Kopf halb so viel CO₂ produzieren wie Amerika, ohne dass wir deshalb das Gefühl hätten, wir lebten schlechter als die Amerikaner. Wir gehen nur sorgfältiger mit der Energie um, weil sie hier mehr kostet. Dies ist der Weg, den wir weitergehen müssen.

Schubert: Wobei der springende Punkt ist, dass diese Änderungen rasch geschehen müssen. Das führt mich wieder zu Kopenhagen: Dort muss ein entschiedenes Zeichen gesetzt werden! //



Der Umweltökonom Charles Palmer ist überzeugt, dass die Klimaziele ohne Schutz der Regenwälder nicht zu erreichen sind.

Den Regenwald «handelbar» machen

Tropische Regenwälder speichern riesige Mengen an CO₂. Werden sie gerodet, gehen die natürlichen CO₂-Senken für immer verloren. Würden ökologische Dienstleistungen von Regenwäldern finanziell entgolten und damit handelbar, so könnte sich der Waldschutz auch wirtschaftlich lohnen. Die Umweltökonom Charles Palmer und Stefanie Engel haben soeben ein Buch über die ökonomischen und politischen Aspekte von entsprechenden Finanzierungsmodellen herausgegeben.

Der Klimawandel sei wohl das grösste Marktversagen aller Zeiten, schrieb der englische Ökonom Nicholas Stern 2007 in seinem viel beachteten «Stern Review». In einem 650-seitigen Bericht machte er darauf aufmerksam, dass das Wirtschaftssystem ein ganz wesentlicher Treiber des Klimawandels ist. Schon Stern betonte in seinem Review den Wert tropischer Regenwälder in Asien, Südamerika und Afrika für den internationalen Kampf gegen den Klimawandel. Die Rodung von Regenwäldern ist für ein Fünftel der globalen CO₂-Emissionen verantwortlich und damit die zweitgrösste Quelle von Treibhausgasen überhaupt.

«Der Schutz von Regenwäldern wäre eine sehr wirkungsvolle und relativ kostengünstige Möglichkeit, um unsere Klimaziele zu verfolgen», sagt Charles Palmer, Umweltökonom am Institut für Umweltentscheidungen der ETH Zürich. «Dafür muss der Waldschutz aber zuerst einen ökonomischen Wert erhalten.» Bis heute ist dies nicht der Fall, während sich mit dem Verkauf von Holz oder der Rodung für Landwirtschaft oder Biotreibstoffproduktion viel Geld verdienen lässt. So genannte Payments for Ecosystem Services (PES), also Zahlungen für ökologische Dienstleistungen, sind eine Option, wie dies geändert werden könnte. Regenwälder absorbieren über die Photosynthese enorme Mengen an CO₂ in die Biomasse von Bäumen. Diese Dienstleistung könnte über Klimakompensationszahlungen entgolten werden. Dadurch erhielten die Wälder einen Wert und die Rodung käme der Vernichtung eines Wertpapiers gleich. Solche Zahlungen könnten unter anderem über «Reducing Emissions from Deforestation and Degradation»(REDD)-Kredite geleistet werden. Charles Palmer hat zusammen mit Professorin Stefanie Engel soeben ein 250-seitiges Buch herausgegeben, das einen allgemeinen Überblick über ökonomische und politische Aspekte von REDD gibt.

Fehlende internationale Verankerung

REDD-Kredite werden bislang einzig an freiwilligen, unregulierten Märkten gehandelt, an welchen Unternehmen und Staaten aus eigener Motivation Klimakompensationen erwerben können. Sie gehören jedoch bis heute nicht zu den Optionen für Kompensationszahlungen, die im internationalen Kyoto-Protokoll von 1997 als Möglichkeit zur CO₂-Minderung festgelegt wurden. Einzig die gezielte Aufforstung von Regenwäldern kann innerhalb dieser Verträge vergütet werden. Was dies bedeutet, hat kürzlich Lian Pin Koh vom Institut für Terrestrische Ökosysteme der ETH Zürich in einer Publikation vorgerechnet: Die Umwandlung eines Hektars Regenwald für die Palmölproduktion führt zu Erträgen von 3835 bis 9630 Dollar, während der Schutz der gleichen Fläche über Klimakompensationszahlungen mittels REDD auf den freiwilligen Märkten nur 614 bis 994 Dollar abwirft. Würden die REDD-Kredite auf dem Kompensationsmarkt innerhalb der internationalen Verträge gehandelt, so könnten sie laut Kohs Berechnungen bis zu 6600 Dollar pro Hektare Tropenwald einbringen.

«Einer der Gründe, wieso REDD nicht ins Kyoto-Protokoll aufgenommen wurde, ist politischer Natur: Wieso sollte der reiche Westen den Entwicklungsländern vorschreiben dürfen, wie sie ihre Wälder zu bewirtschaften haben?», gibt Charles Palmer zu bedenken. Entwicklungsländer und NGOs wollten zudem verhindern, dass der Westen einen zu grossen Anteil seiner hohen CO₂-Emissionen in Entwicklungsländern kompensiert; vielmehr sollten Industriestaaten Verantwortung übernehmen und die eigenen Treibhausgasemissionen minimieren. Inzwischen anerkennen aber viele der ehemaligen Kritiker, allen voran Brasilien, die wichtige Rolle von REDD in einem Kyoto-Nachfolgeabkommen. Aus gutem Grund, wie Palmer betont: «Um die globale Erwärmung auf zwei bis drei Grad zu begrenzen, brauchen wir strikere Klimaziele

und den Einbezug der grossen Emittenten. Wir können und sollten uns nicht alleine auf den Schutz der Regenwälder stützen, doch ohne ihn werden wir diese Ziele nicht erreichen.»

Wald-Dienstleistungen müssen «handelbar» werden

Ein weiterer Streitpunkt bei den Verhandlungen zu REDD während der Klimakonferenz in Kyoto war die Frage, wie der Wert eines nicht gerodeten Baumes zu berechnen ist. Es müsse vermieden werden, dass für Waldschutz bezahlt wird, der ohnehin passiert wäre, oder dass die Entwaldung einfach geografisch verlagert wird, erklärt Palmer. Das aktuelle Buch soll hier einen wichtigen Beitrag leisten, indem es neue Lösungsansätze für diese so genannten Additionalitäts- und Leakage-Risiken vorstellt. Wie der «Stern Review» vor zwei Jahren richtet sich auch dieses Werk nicht nur an Ökonomen, sondern soll auch Politikern und NGOs als Entscheidungsgrundlage dienen. Der Zeitpunkt ist gut gewählt: In den kommenden UN-Klimaverhandlungen in Kopenhagen vom Dezember sollen auch REDD diskutiert werden.

Sollte dort ein solcher Marktmechanismus in die internationalen Verträge aufgenommen werden, würde der Preis pro Tonne gebundenes CO₂ auf dem Markt für REDD festgesetzt und die ökologische Dienstleistung des Waldes für den Klimaschutz würde «handelbar». «Nun geht es in erster Linie darum, die verschiedenen Vorschläge zu vergleichen und daraus ein integriertes System zu entwickeln, das von allen Staaten anerkannt wird», sagt Palmer. «Dann entstünde eine echte Chance, ein ambitionierteres gemeinsames Emissionsreduktionsziel zu setzen und auch zu erreichen.» //

Samuel Schlaefli

→ charles.palmer@env.ethz.ch

→ www.pepe.ethz.ch

Wie das Treibhausgas CO₂ unschädlich gemacht werden kann

Je höher die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre, desto lauter wird der Ruf nach technischen Lösungen. CO₂ einfangen und lagern – Carbon Capture and Storage – ist einer der Schlüsselprozesse, der längst keine Utopie mehr ist. ETH-Forscher tüfteln jedoch auch an anderen Technologien, die noch in den Kinderschuhen stecken.

Text: Peter Rüegg

Den Klimaszenarien zum Trotz: Die Menschheit verbrennt im grossen Stil Kohle, Gas oder Öl – und setzt dabei viel CO₂ frei. Und der Energiehunger ist nicht gestillt. Aufstrebende Länder wie Indien und China planen zahlreiche Kohlekraftwerke, um den Energiebedarf ihrer Wirtschaft und Bevölkerung decken zu können. Doch so könnte die Schwelle von 500 parts per million (ppm) CO₂, die Klimaforscher für kritisch halten, rascher überschritten werden als befürchtet. Zurzeit liegt die CO₂-Konzentration bei 380 ppm.

Immer lauter ertönt der Ruf nach technischen Massnahmen, um den CO₂-Anstieg zu bremsen. Diese Technologien sind bekannt unter dem Fachbegriff Carbon Capture and Storage, kurz CCS genannt. CCS umfasst das Einfangen, Transportieren und Lagern von Kohlendioxid. Bereits 1989 gründete das MIT ein entsprechendes Forschungsprogramm. 2005 veröffentlichte der IPCC einen Special Report zum Thema. Auf CCS setzen auch immer mehr Konzerne und Regierungen. Mitte Mai 2009 beschloss die australische Regierung, 2,4 Milliarden australische Dollar in technische Projekte zur CO₂-Reduktion zu investieren.

Dreistufiger Prozess

Soll die «Capture» effizient sein, wird CO₂ mit Vorteil an grossen Quellen wie Kohlekraftwerken eingefangen. Pilotanlagen für die CO₂-Abscheidung sind in Betrieb, etwa am Standort «Schwarze Pumpe» in Deutschland. Diese Versuchsanlage hat eine thermische Leistung von 30 Megawatt. Seit Juli 2008 ist sie in Betrieb und scheidet pro Stunde neun Tonnen Kohlendioxid ab. Mehr als 90 Prozent des CO₂ können abgefangen werden. Die Erkenntnisse aus der Pilotanlage sollen in den Bau eines 300-MW-Braunkohlekomplexes in Jänschwalde einfließen.

Der zweite Schritt von CCS ist der Transport des CO₂ zum Lagerort. Pipelines, Schiffe oder Lastwagen – etablierte Techniken, die sich beim Transport von Erdgas bewährt haben – sollen das Gas dorthin bringen, wo es gelagert werden soll.

Schliesslich braucht es einen Lagerort. Die Forschung schlägt erschöpfte Öl- oder Gasvorkommen, Grundwasserleiter oder unabbaubare Kohleflöze vor. Seit dem Jahr 2000 pumpt zum Beispiel ein Konsortium in Weyburn im kanadischen Bundesstaat Saskatchewan CO₂



Kohlekraftwerke gehören mit zu den grössten CO₂-Verursachern. In Versuchsanlagen arbeitet man inzwischen an Verfahren, das CO₂ abzufangen. Gelagert werden könnte es beispielsweise in unabbaubaren Kohleflözen oder in erschöpften Öl- oder Gasvorkommen.

in Ölquellen ein. Zu Beginn des Versuchs wurden täglich 5000 Tonnen fast reines CO₂ in ölführende Schichten eingespeist. Mittlerweile sind es 8800 Tonnen. Das CO₂, das mit Wasser in die Tiefe gepumpt wird, hilft, das restliche Öl zu fördern. Für Kohlendioxidnachschub sorgt ein Kraftwerk, das Kohle vergast und das Gas, komprimiert und verflüssigt, über eine 320 Kilometer lange Pipeline nach Weyburn führt.

Einlagerung sicher und möglich

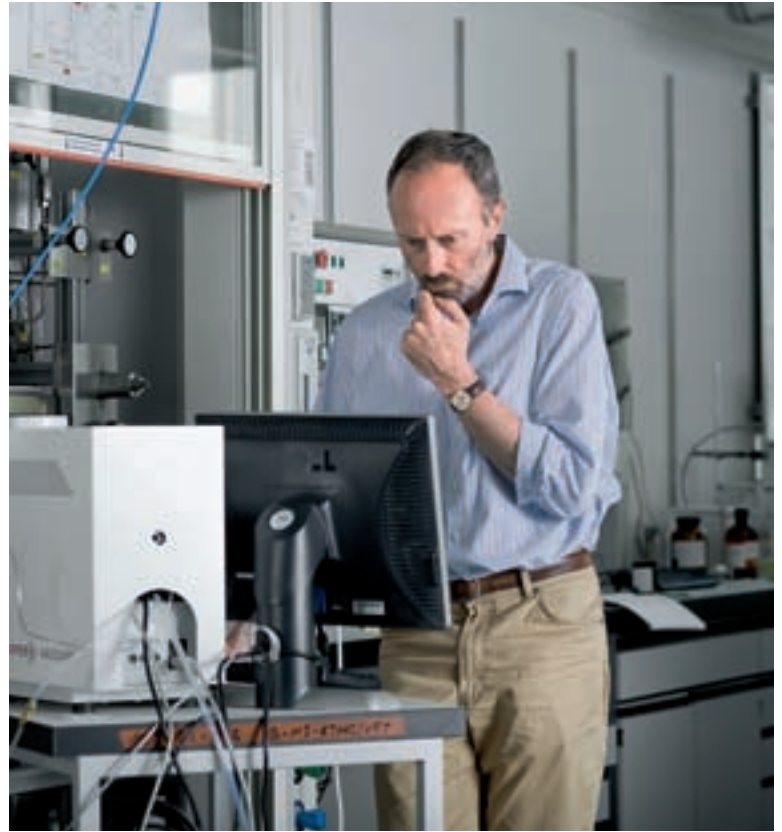
Für Privatdozent Luigi Burlini ist die geologische Einlagerung sicher. CO₂ könne man überall dort, wo Gas natürlich vorkommt, einlagern. «Es ist sogar sicherer, ehemalige Gas- oder Öllagerstätten mit CO₂ zu füllen als leer zu lassen», sagt er. Voraussetzung für ein geologisches Lager ist eine undurchlässige Deckschicht. Gaslagerstätten hätten über Jahrmillionen bewiesen, dass sie das Gas einschliessen, meint der Geologe. Gute Deckschichten sind Tone wie Opalinuston. Diese Schichten dürfen weder Verwerfungen noch Spalten aufweisen. Geologische Lager soll es nicht nur im Ausland geben. Burlini arbeitet derzeit in einem neuen Projekt namens Carbon Management in Power Generation (CARMA), daran, das Potenzial und die Voraussetzungen für geologische Einlagerung von CO₂ in der Schweiz abzuklären, unter anderem mit neuartigen dreidimensionalen Computermodellen des Untergrunds. CARMA geht aber über geologische Studien hinaus. Das Projekt startete am 1. Januar

dieses Jahres und vereint Fachleute aus verschiedenen Disziplinen, von Ingenieuren über Umweltwissenschaftler bis hin zu Soziologen und Juristen. «Bei CARMA geht es nicht nur um Technologie», betont Marco Mazzotti, ETH-Professor für Verfahrenstechnik und CARMA-Koordinator. Mit dem Projekt wollen die Forscher Potenzial und Machbarkeit von CCS-Massnahmen in der Schweiz ausloten sowie das >

CO₂-Emissionen weltweit

Zwischen 1990 und 2007 haben die weltweiten CO₂-Emissionen aus fossilen Energieträgern und industriellen Prozessen um 34 bis 38 Prozent auf über 32 Milliarden Tonnen CO₂ zugenommen. Lag die Zunahme zwischen 1990 und 1999 noch bei 1 Prozent pro Jahr, so stieg sie 2000 bis 2007 auf 3,5 Prozent pro Jahr. Dies übertrifft das ungünstigste Szenario, das der Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) seinen Prognosen zugrunde legte. Die grössten Emittenten sind China (24 Prozent der globalen CO₂-Emissionen), USA (21 Prozent), EU-15 (12 Prozent), Indien (8 Prozent) und Russland (6 Prozent). Die Pro-Kopf-Emissionen betragen in den USA 19,4 Tonnen pro Kopf, in Russland 11,8 t/Kopf, in der EU 8,6 t/Kopf, in China 5,1 t/Kopf, in Indien 1,8 t/Kopf und in der Schweiz 5,8 t/Kopf.

Quelle: Bafu, April 2009



ETH-Forscher erproben verschiedene Wege: Aldo Steinfeld (links), Professor für erneuerbare Energieträger, arbeitet an einem solarbetriebenen System, um CO₂ in erneuerbare Brennstoffe zu recyceln. Marco Mazotti, Professor für Verfahrenstechnik, untersucht mit dem Projekt CARMA Machbarkeit und Potenzial verschiedener Methoden zur Bindung und Lagerung von CO₂.

technische Knowhow ausschöpfen, um neue CCS-Technologien zu entwickeln. Selbst wenn die Schweiz relativ sauberen Strom produziert, kann sie Wissen und Produkte generieren, die andere Länder nutzen können.

Karbonisierung im Labor beschleunigt

An CARMA, einem Projekt des Competence Center Environment and Sustainability, CCES, sind die ETH Lausanne, das PSI, die Uni Bern, die Fachhochschule Nordwestschweiz sowie die Consultingfirma GeoForm beteiligt.

In Mazzottis Labor forscht Doktorand Mischa Werner an einer weiteren Möglichkeit, CO₂ dauerhaft zu binden. Serpentin, ein Gestein, das man in den Alpen und weltweit in grossen Mengen findet, könnte dabei nützen. Der Wissenschaftler pulverisiert das Gestein. Das Pulver löst er in einer leichten Säure auf. Magnesium löst sich von seinem Bindungspartner, dem Silikat (SiO₄). Schliesslich pumpt er CO₂ dazu, das sich in Kohlensäure (CO₃⁻) umwandelt. Die Kohlensäure schnappt sich Magnesium, so dass Magnesiumcarbonat als weissliches Pulver ausfällt. Das CO₂ ist damit stabil gebunden. «Das funktioniert in der Natur nicht viel anders», sagt Werner, «nur viel langsamer.»

Nachteil der Methode: Sie ist teuer und braucht Energie. Denn die Reaktionen laufen erst ab 80 bis 120 Grad, einem Säurewert von pH 5 bis 6 und unter hohem Druck ab. Noch funktioniert die künstliche Karbonisierung von Silikatge-

stein erst im Labor. Werner versucht mit seiner Dissertation auch, den Prozess zu optimieren sowie Energiebedarf und Kosten zu senken, damit das Verfahren für die industrielle Nutzung interessant wird. «Im Moment ist dies ein Projekt für die Zukunft. Aber wir können es uns nicht leisten, diese Möglichkeit nicht zu erforschen und allenfalls nicht zu nutzen», sagt er.

Rezyklieren statt versenken

Ebenfalls an einem Zukunftsprojekt arbeitet Aldo Steinfeld, ETH-Professor für erneuerbare Energieträger und Leiter des Labors für Solartechnik am Paul Scherrer Institut. Er hält CO₂-Sequestrierung nicht für nachhaltig und arbeitet an einem solarbetriebenen System, um CO₂ aus der Umgebungsluft abzuscheiden und in erneuerbare Brennstoffe zu rezyklieren.

Das Konzept besteht aus zwei thermochemischen Kreisläufen. Im ersten Zyklus wird die CO₂-haltige Luft kontinuierlich filtriert, wobei abwechslungsweise CaO karbonisiert und CaCO₃ kalzinieren wird. Diese Reaktionen finden in einem solaren Wirbelschichtreaktor statt, den seine Doktorandin Viktoria Nikulshyna entwickelte und dafür den «She Shell Study Runner-Up Award 2008» erhielt. CO₂-freie Luft und reines CO₂ verlassen den Reaktor in separaten Strömen. Im zweiten Zyklus wird das reine CO₂ mit Wasser zu Synthesegas – hauptsächlich Sauerstoff und Kohlenmonoxid – umgewandelt. Dazu werden so genann-

te Redox-Reaktionen verwendet, die auf Zink und Zinkoxid basieren. Aus dem Synthesegas, so Steinfeld, lassen sich flüssige Treibstoffe gewinnen. So ist der Kreislauf geschlossen.

Sonne garantiert hohe Temperaturen

Diese Prozesse brauchen viel thermische Energie bei sehr hohen Temperaturen: Im ersten Zyklus sind 800 Grad erforderlich, im zweiten gar 1700 Grad. Hochkonzentrierte Solarstrahlung mittels Turmtechnologie, wie beim kommerziellen 55-Megawatt-Solkraftwerk in Sevilla, kann diese Hochtemperaturenergie liefern. Im PSI-Solarofen, wo Steinfeld mit seinen Studenten forscht, steht erst ein Prototypreaktor mit einer Leistung von zehn Kilowatt. Um diesen im industriellen Massstab zu nutzen, ist noch viel Forschung und Entwicklung nötig. //

→ www.carma.ethz.ch

→ marco.mazzotti@ipe.mavt.ethz.ch

→ www.pre.ethz.ch

→ aldo.steinfeld@pre.iet.mavt.ethz.ch

«Wir müssen die Option Geoengineering zumindest prüfen»

Geoengineering ist umstritten: Soll der Mensch zum Abwenden des Klimawandels massiv in die Natur eingreifen, zum Beispiel indem Meere mit Eisen gedüngt werden oder die Stratosphäre mit Schwefelraketen beschossen wird? Der Atmosphärenwissenschaftler Thomas Peter plädiert im Interview dafür, dass sich Forscher und die Gesellschaft auch mit solchen Lösungen auseinandersetzen müssen – zumindest als Notlösung.



Thomas Peter ist Professor am Institut für Atmosphäre und Klima der ETH Zürich. Er untersucht und simuliert chemische und physikalische Vorgänge in der Atmosphäre.

Viele Wissenschaftler hielten das Geoengineering lange Zeit für eine abstruse Vision von Technikoptimisten. Nun hat die EU aber ein Programm zur Forschungsförderung gestartet und das Thema wird im Dezember auch an der UN-Klimakonferenz diskutiert. Hat ein Umdenken stattgefunden?

Dieses Umdenken hat gerade erst begonnen. Das Gespräch über Geoengineering ist heute weniger verkrampft als noch vor drei Jahren. Damals, als der Atmosphärenwissenschaftler und Nobelpreisträger Paul Crutzen erstmals seine Idee vorstellte, Schwefel in die Stratosphäre einzuleiten um dadurch das Erdklima abzukühlen, stiess er auf eine Welle der Ablehnung. Heute wird zumindest in Fachkreisen über diese Idee diskutiert.

Wieso sollte man Schwefel in die Stratosphäre leiten, wie es Paul Crutzen in Betracht zieht?

Beim Ausbruch des Vulkans Pinatubo 1991 auf den Philippinen gelangten enorme Mengen an Schwefelaerosolen in die Stratosphäre. Dies führte zu einem weltweiten Temperaturrückgang von ca. 0,25 Grad über einen Zeitraum von zwei Jahren. Die Schwefelaerosole in der Stratosphäre wirkten wie Milliarden von kleinsten Sonnenreflektoren. Vor diesem Hintergrund entstand die Idee eines «künstlichen Dauer-vulkans», also mit gezielter Schwefelinjektion

in die Stratosphäre der Erderwärmung entgegenzuwirken.

Anstatt unsere CO₂-Emissionen auf der Erde zur Rettung des Klimas zu senken, könnten wir also einfach Schwefelraketen in die Stratosphäre schiessen?

Nein, das Geoengineering ist noch keine Option, sondern bislang nur eine Idee, die untersucht werden muss. Die meisten diskutierten Massnahmen bekämpfen lediglich die Symptome des Klimawandels und nicht die Ursachen.

Weshalb fordern Sie trotzdem, dass die Möglichkeiten eines Geoengineerings in der wissenschaftlichen Gemeinde zumindest diskutiert werden?

Der letzte IPCC-Bericht geht – trotz vieler Unsicherheiten bei den Modellierungen – von einem dramatischen Anstieg der Temperaturen aus, wenn der Mensch seine CO₂-Emissionen nicht rasch reduziert. Bisher ist nicht viel geschehen; die Emissionen steigen weiter an. Wir könnten uns mit Massnahmen wie der Schwefelinjektion eventuell etwas mehr Zeit für nachhaltige Lösungen verschaffen und damit die schlimmsten kurzfristigen Schäden des Klimawandels verhindern. Dazu müssen wir aber erst einmal erforschen, wie hoch die Erfolgchancen einer solchen Methode überhaupt sind.

Haben Sie nicht Angst, dass eine solche Technologie, wenn sie erst einmal erforscht ist und zur Verfügung steht, von Politikern oder der Wirtschaft für eigene Zwecke missbraucht werden könnte?

Wissenschaftler müssen Politikern und Unternehmern klar signalisieren, dass Geoengineering lediglich eine Notmassnahme sein könnte und beileibe kein Freipass für ein «Business as usual» bei den CO₂-Emissionen ist. Ein solches Megaprojekt könnte aber auch dazu führen,

dass das Klimaproblem in der Öffentlichkeit stärker diskutiert würde. Vielen Menschen würde damit drastisch vor Augen geführt, wie kritisch es um unser Klima bereits steht. Davon könnten auch nachhaltige Lösungen profitieren, wie zum Beispiel die Förderung von erneuerbaren Energien.

Wer müsste die Verantwortung für ein solches Megaprojekt tragen?

Dazu bräuchte es eine globale Allianz, wohl in Form einer United-Nations-Organisation, in der man sich global darauf einigt, mögliche Nebeneffekte eines solchen Eingriffs für die Chancen in Kauf zu nehmen. Da unerwünschte Nebeneffekte einer solchen Manipulation – wie Dürren, Klimazonenverschiebungen oder Veränderungen in der Ozonkonzentration der Stratosphäre – vor allem regional auftreten könnten, wird das jedoch enorm schwierig. Wir stecken hier in einem Dilemma.

Werden Sie sich in Zukunft trotzdem für das Geoengineering stark machen?

Nein, ich bin kein Verfechter des Geoengineering. Wir können uns jedoch heute schlicht nicht mehr erlauben, diese Option nicht zumindest anzuschauen. Das könnte sich sonst – je nach dem weiteren Verlauf des Klimawandels – später einmal als unverantwortlich erweisen, so dass wir es bereuen würden. //

Interview: Samuel Schläfli

→ www.iac.ethz.ch

→ thomas.peter@env.ethz.ch



Bastien Girod denkt global und lokal zugleich. Der junge Wissenschaftler und Politiker möchte die Schweiz in ein Silicon Valley für grüne Technologie verwandeln.

«Zeit für einen Green New Deal!»

Die Finanz- und Wirtschaftskrise paart sich mit Umweltkrisen. Höchste Zeit zu erkennen, dass wir uns nicht blind auf den Markt verlassen können. Das Wissen über künftige Herausforderungen, Umweltzerstörung und soziale Werte sollte unserer Wirtschaft die Rahmenbedingungen vorgeben, fordert Bastien Girod, ETH-Doktorand und Nationalrat der Grünen, in seinem Beitrag.

«Der Zusammenbruch des Bankensystems, die Wirtschaftskrise und die aktuelle Rezession können überwunden werden. Doch wenn die Ursache der Krise nicht erkannt wird, dann ist der nächste Crash vorprogrammiert. Nahrungsmittel-, Wasser-, Ressourcen- und Klimakrise erweitern die Wirtschaftskrise zu einer Multikrise. Das Paradigma, wonach Geld selbst weiss, welche Entwicklung für die Menschheit am besten ist, muss überwunden werden. Der Markt ist zwar ein gutes Mittel für Innovation und eine effiziente, autonome Organisation der Wirtschaft. Doch Geld kann weder denken noch in die Zukunft schauen. Darum war der Markt blind für das auf Pump beruhende Scheinwachstum der Finanzwirtschaft. Genauso ist der Markt blind für die künftigen Schäden der Klimaerwärmung und anderer ökologischen Krisen.

Glühbirnenwirtschaft ist am Ende

Zuerst angegangen werden muss der Finanzsektor. Klare Regeln gegen Spekulation und nicht nachhaltige Gewinne müssen die Finanzwirtschaft zu ihrer ursprünglichen Funktion zurückführen, sinnvolle Investitionen zu ermöglichen. Die Schweiz muss sich wieder stärker um ihre Realwirtschaft kümmern. Auch hier stehen Veränderungen an. Unökologische und nicht sozial hergestellte Produkte werden künftig weniger Absatz finden. Nicht weil der Markt von alleine funktioniert, sondern weil das Wissen über das Marktversagen die politischen Rahmenbedingungen verändert. Schon heute nimmt beispielsweise Japan ineffiziente Geräte laufend vom Markt (Top-Runner-Prinzip). Ähnliche Wirkungen

«Unökologische und nicht sozial hergestellte Produkte werden weniger Absatz finden. Nicht weil der Markt von alleine funktioniert, sondern weil das Wissen über das Marktversagen die politischen Rahmenbedingungen verändert.»

haben die EU-Umweltnormen für Personenwagen: Feinstaubschleudern dürfen nicht mehr verkauft werden. Solche Regulierungen werden mit der Verstärkung der Umweltkrisen zunehmen. Die Glühbirnenwirtschaft hat keine Zukunft. Diese gehört eindeutig der Green Economy, die effiziente, umweltfreundliche Produkte entwickelt und damit im Wettbewerb zur Krisenbewältigung beiträgt.

Innovative Ansätze sind gefragt

Auf die Green Economy zu setzen macht Sinn. Eine Wirtschaft, die Wohlstand ermöglicht, aber nicht auf Kosten der Umwelt geht, schafft nachhaltigen Wohlstand. Passivhäuser, Nullemissionsautos, intelligente Verkehrssteuerungen, erneuerbare Energieproduktion, komplett

rezyklierbare Materialien – solche Produkte werden in Zukunft weltweit gefragt sein. Mit einem Green New Deal kann die Schweiz ihre Wirtschaft für die Zukunft optimal ausrichten. Darum sind kommende Konjunkturprogramme auf die Förderung des ökologischen Umbaus und entsprechendes Unternehmertum zu fokussieren. Mit einer CO₂-Abgabe auf den Endkonsum ist ein Markt für klimafreundliche Produkte zu schaffen. Umweltstandards helfen innovativen Unternehmen, die effiziente und ökologische Produkte auf den Markt bringen, Wettbewerbsvorteile zu gewinnen. Die Schweiz könnte ein grosses Nachhaltigkeitslabor werden, in dem das enorme Wissen der beiden ETH, der Universitäten und Fachhochschulen direkt den Weg in die Praxis findet. Eine Art Silicon Valley für die Green Economy.

Auch Klimawissenschaft muss sich mit Umsetzung beschäftigen

Ohne Wissenschaft tappt die Politik im Dunkeln. Wissenschaftliche Erkenntnisse über naturwissenschaftliche Zusammenhänge haben bereits einige Umweltkrisen entschärft. Bei der Klimaerwärmung stehen wir aber erst am Anfang. Dass die Klimaerwärmung auf der politischen Agenda schon so weit oben steht, ist zwar eine beachtliche Leistung. Die Herausforderung der Klimaerwärmung ist heute die Umsetzung der Klimapolitik. Im Unterschied zu früheren Umweltkrisen ist die Lösung weniger einfach. Die Klimaproblematik ist eng mit der heutigen Wirtschaftsweise verbunden und eine End-of-Pipe-Lösung ist nicht möglich. Vielmehr braucht es eine umfassende Umstrukturierung. Diese muss auch wissenschaftlich begleitet werden. Der IPCC besteht bekanntlich aus drei wissenschaftlichen Arbeitsgruppen. Die erste beschäftigt sich mit den physikalischen Aspekten der Klimaerwärmung. Hier ist die Schweiz gut vertreten. Insgesamt 24 Wissenschaftler haben zum entsprechenden vierten Klimareport der IPCC beigetragen. In der zweiten Arbeitsgruppe, die sich mit der Vulnerabilität sowie der Anpassungsfähigkeit von Gesellschaft und Ökosystemen beschäftigt, haben immerhin elf Forscher und Forscherinnen aus der Schweiz mitgearbeitet. Die dritte Arbeitsgruppe beschäftigt sich mit der Umsetzung der Klimapolitik. Hier ist gerade einmal ein Schweizer Wissenschaftler als Beitragender erwähnt. Aus den Niederlanden sind es 25 Wissenschaftler. Hier muss sich die Klimawissenschaft in der Schweiz noch steigern. Schliesslich ist es dieses Wissen, das uns helfen würde, den Klimaschutz umzusetzen und die Schweiz mit einem Green New Deal zu einem Nachhaltigkeitsforschungslabor zu machen.» //

Bastien Girod ist Doktorand am Institut für Umweltentscheidungen IED der ETH Zürich und seit Oktober 2007 Nationalrat für die Grüne Partei. Um Menschen für die grüne Ökonomie zu gewinnen, setzt er auch auf die neuen Medien.

→ www.GreenNewDeal.ch

«Nichts Gutes, ausser wir tun es!»

Die Herausforderung ist gross: bis Mitte Jahrhundert jährlich nur noch ein bis zwei Tonnen CO₂ pro Kopf im Jahr emittieren statt wie heute sieben als Durchschnittsschweizer. Was können wir tun – jetzt, täglich und morgen? Wie bewegen wir uns, wie produzieren, konsumieren, geniessen wir nachhaltig, «low-carbon-like»? «Make or buy»: René Estermann, Geschäftsführer von myclimate, macht konkrete Vorschläge.

«Für den Klimawandel spielt es grundsätzlich keine Rolle, wo auf der Erdoberfläche die unerwünschten Emissionen in die Atmosphäre gelangen oder wo sie reduziert werden – im Gegensatz zu Gewässerverschmutzung oder Luftverschmutzung, die hauptsächlich lokal wirken. Also gilt beim Klimawandel: «Think global and act local and global – what and wherever you can!» Wichtig ist, dass die weltweiten Treibhausgasemissionen in der Summe beträchtlich abnehmen, ob in der Schweiz, Europa, Amerika, Indien, China spielt fürs Klima keine Rolle, für die einzelnen Volkswirtschaften natürlich schon. Wir sollten weniger darüber streiten, wo wir die Treibhausgasemissionen reduzieren, sondern dafür, dass wirs tun, und zwar rasch, beträchtlich, nachhaltig und verbindlich. Das kostenlose «wilde Entsorgen» der Treibhausgase in der Atmosphäre können wir uns global nicht mehr leisten! Denn was nichts kostet, ist nichts wert und wird über kurz oder lang übernutzt, ausgebeutet, missbraucht: der Klimawandel als grösstes Marktversagen der Menschheitsgeschichte, wie Nicholas Stern das Problem treffend bezeichnete.

«We walk the talk»

Ja, das tun wir: Als aktive Klimaschützerin wärmt unsere Familie mit einer Sonnenkollektoranlage das Warmwasser, unser Strom ist garantiert zertifizierter Ökostrom, wir fahren mit Velo, Zug und Mobility zur Arbeit und in die Ferien, mit Holzpellets haben wir in der gut isolierten Stube warm im Winter. Doch was täten wir, wenn wir Mieter wären, zum Beispiel in einer 120-m²-Wohnung mit Gasheizung und jährlich 3,9 Tonnen CO₂-Emissionen, das entspricht etwa den Emissionen eines Flugs nach Südamerika? Was können wir jetzt und heute tun mit persönlichen CO₂-Emissionen wie

- den zwei Tonnen eines 50-m²-Wohnungsanteils (Heizung mit Erdöl),
- den 800 kg von jährlichen 3000 km Autofahrten bei Mobility oder den 2,9 Tonnen bei 15 000 km mit Kleinwagen,
- den 4,9 Tonnen des Fluges zur Hochzeit meines Schwagers nach Buenos Aires oder den 378 kg für den Geschäftsflug nach London,
- den rund 1000 weiteren Kilos für Konsumgüter wie Kleider, Ernährung usw.?

Wir können im Rahmen der Kauf- und Investitionsentscheide stets auf bestmögliche klimafreundliche Produkte und Technologien setzen und jetzt sofort mit Kompensationen die restlichen Treibhausgas-Emissionen andernorts in myclimate-Klimaschutzprojekten reduzieren bzw. ausgleichen lassen, beispielsweise mit der Förderung der Holzschnitzelheizung in Melchnau, den ländlichen Biogasanlagen in Nepal oder den Solarkochern in Madagaskar. myclimate erhält von tausenden Privaten und hunderten Firmen freiwillige Spenden und garantiert dafür die Reduktion

von CO₂-Emissionen, die sonst nicht realisiert würden. 2008 waren das fast sieben Millionen Franken. Damit können wir rund 200 000 Tonnen CO₂-Reduktionen realisieren (das sind immerhin die CO₂-Emissionen von rund 30 000 Einwohnern in der Schweiz). Der Support von Kleinwasserkraftwerken in Sumatra, Biomassepellets-Feuerungen in Nordindien, effizienten Kochern in Peru, Windkraft in Madagsakar ist ein weiteres Beispiel. Der Hunger nach nachhaltigen erneuerbaren Energien und Energieeffizienz ist weltweit noch für Jahrzehnte gigantisch! Mit myclimate, unseren weltweiten Partnern und Kunden versuchen wir pragmatisch,

«Wir sollten weniger darüber streiten, wo wir die Treibhausgasemissionen reduzieren, sondern dafür, dass wirs tun, und zwar rasch.»

wissenschaftlich fundiert und wirtschaftsorientiert tagtäglich ganz konkreten Klimaschutz zu realisieren. Typisch wissenschaftlich – myclimate ist ja ein ETH-Spinoff – können wir aber auch sehr «sophisticated» ansetzen, wenns um die Projektauswahl und -unterstützung geht: damit myclimate ein Projekt unterstützt, muss es international anerkannt höchste Standards der UNO und/oder des GoldStandards erfüllen, inklusive regelmässiger externer Validierung und Verifizierung. So können wir die Emissionsreduktionen und ihre Nachhaltigkeit auch tatsächlich garantieren.

Nach dem Motto «unser Klima – it's your Decision» können wir alle auch den tagtäglich klimafreundlichen Einkauf realisieren: in der Migros mit der Wahl von «climatop»-Produkten oder auch bei Coop auf dem Weg zu «klimaneutral bis 2015!» Und auch die Ferien oder Sommerfeste lassen sich klimafreundlich feiern in klimaneutralen 4- bis 5-Sterne-Hotels von Sunstar, Ferienart oder Giardino oder in den klimaneutralen Jugendherbergen, mit klimaneutralen Switcher-T-Shirts, klimaneutralen Traktor-Fruchtsäften und dem urig klimaneutralen Appenzeller Quöllfrösch. Und vielleicht ist ja sogar der ETH-Globe klimaneutral mit myclimate gedruckt; wenn noch nicht jetzt, dann ab dem nächsten Mal?! Nichts Gutes, ausser wir tun es! Wir alle könnens.» //

René Estermann, dipl. Ing. Agr. ETH, ist Geschäftsführer von myclimate. Der ETH-Spinoff ist aus einem Projekt von Studierenden und Professoren der ETH Zürich im Jahr 2002 entstanden. Heute gehört die gemeinnützige Schweizer Organisation weltweit zu den wichtigsten Anbietern von freiwilligen Kompensationsmassnahmen.

→ www.myclimate.org



René Estermann von myclimate ist ein pragmatischer Visionär: Mit freiwilligen Kompensationszahlungen für Flüge bekam myclimate Flügel.



Segelroboter Avalon auf der Jungfernfahrt zum anderen Ufer des Zürichsees.

Studenten schicken Segelroboter in die Karibik

Maschinenbaustudenten der ETH Zürich haben im Rahmen der Fokusprojekte ein unbemanntes Segelboot entwickelt, das absolut selbstständig selbst auf hoher See jeden gegebenen Zielpunkt erreichen kann. Der Segelroboter Avalon soll im Herbst von Irland aus in die Karibik segeln.

Noch ist die Karibik weit. Doch immerhin, auf dem Zürichsee hat Avalon bereits erste Erfahrungen gesammelt. Zwar führte der erste Kurs im Test gleich auf eine Sandbank, aber das – da sind sich alle einig – kann einem Segler schon einmal passieren. Und Avalon hat eine handfeste Entschuldigung: Die Softwareprogrammierung, die ihn wirklich zum selbstständigen Segeln befähigen wird, steht noch am Anfang. Doch das wird die Gruppe «Studenten segeln autonom», kurz SSA, noch in den Griff bekommen. An der Bootstaufe im Zürichsee waren sie erst einmal glücklich darüber, dass das Boot gebaut und im Wasser ist. Denn Avalon ist nicht etwa ein mit Computertechnik auf-

gerüstetes Normalboot, nein, Avalon ist von A bis Z eine Eigenentwicklung, die genau auf die Bedingungen, denen ein unbemanntes Boot auf hoher See ausgesetzt ist, zugeschnitten ist. «Wir glauben, dass wir dadurch einen entscheidenden Vorteil gegenüber vielen unserer Konkurrenten bei der International Microtransat Challenge haben werden», erklärt Hendrik Erckens, der gemeinsam mit Gion-Andri Büsser das Projekt leitet.

Abenteuer Atlantiküberquerung

Im Herbst wollen die Studierenden mit Avalon an der International Microtransat Challenge 2009 teilnehmen. Dann soll Avalon völlig auto-

nom von der Westküste Irlands aus in die Karibik segeln. Segelerfahrung haben fast alle der acht Maschinenbaustudierenden von SSA, doch in der Karibik war noch keiner von ihnen. Deshalb haben sie sich unter anderem von Seglern mit ausgewiesener Karibikerfahrung ausgiebig über deren Erfahrungen berichten lassen.

Denn eine Transatlantiküberquerung mit einem Segelroboter ist bisher noch nie gelungen. Die International Microtransat Challenge 2009 ist deshalb eine wirkliche Herausforderung. «Wir haben die Chance, einen echten Weltrekord aufzustellen», sagt Gion-Andri Büsser, «das ist unglaublich motivierend.»

Viel Motivation haben die Maschinenbaustudenten bereits bewiesen. Seit September letzten Jahres tüfteln sie an ihrem Boot. Die acht ETH-Studenten haben Avalon mit modernsten Methoden entworfen und diesen Winter über weitgehend selbst gebaut. Vorgeschrieben durch die Veranstalter der Challenge ist nur die Länge des Bootes von maximal vier Metern. Bei allem anderen hatten die Studierenden freie Hand. Materialwahl, Form von Rumpf und Kiel, aber auch die Form, Befestigung und Steuerung von Mast und Segel – alles konnte neu überdacht und für einen unbemannten Roboterbetrieb optimiert werden. Parallel dazu bestimmten die Studenten die einzelnen Komponenten der erforderlichen elektronischen Sensoren und Subsysteme und entwickelten die Regelkreise sowie die Stromversorgung durch Solarzellen, Akkus und Brennstoffzellen. Nun müssen die zugehörigen Computerprogramme fertiggeschrieben und getestet werden.

Tests in heimischen Seen und in Portugal

Die ersten Testfahrten auf dem Zürichsee sind inzwischen absolviert. Im Mai wurde Avalon dann unter härteren Bedingungen auf dem Vierwaldstättersee weiter optimiert. Richtig auf See gehts erstmals im Sommer mit der Teilnahme an der World Robotic Sailing Championship in Portugal. Aber das sind alles Pea-

nuts im Vergleich zur Challenge im Herbst. Der Kurs in die Karibik wird Avalon 7000 Kilometer über den Atlantik führen. Auf die Studierenden von SSA wird dann eine besonders harte Zeit zukommen. Über Wochen werden sie Avalon dann nur noch über Computer beobachten können, ohne eingreifen zu dürfen. Welchen Kurs Avalon wählt, wie er Flutengebiete umschiffet und Stürmen trotzt, all das wird Avalon mit Hilfe seiner Sensoren selbstständig bestimmen. Die Veranstalter der Microtransat Challenge rechnen damit, dass die Boote für die Atlantiküberquerung bis in die tropischen Gewässer etwa zwei bis drei Monate brauchen und dabei enormen Beanspruchungen ausgesetzt sein werden. Ein gewaltiger Härte-test für Avalon selbst und vielleicht noch mehr für die Nervenköstüme seiner Schöpfer und diejenigen der beteiligten Sponsoren, ohne die das Projekt kaum durchführbar gewesen wäre. Avalon ist nicht zuletzt ein Beispiel dafür, was überzeugende ETH-Studierende und engagierte Industrievertreter gemeinsam möglich machen können: Das Budget des Projekts wird fast vollständig von Industriesponsoren getragen. //

Martina Märki

Fokusprojekte

Maschinenbaustudierende an der ETH Zürich sollen früh lernen, ihre Ideen in die Praxis umzusetzen. Die Fokusprojekte sind deshalb fester Bestandteil des Studiums. Dabei realisieren Studententeams während zweier Semester ein Produkt. Die in Teams arbeitenden Studierenden konzipieren, gestalten, berechnen und bauen gemeinsam ein Objekt, suchen Industriekontakte und machen erste Marketingerfahrungen. Das erforderliche Wissen wird durch Selbststudium, Besuch von Lehrveranstaltungen, Gespräche mit den Professoren usw. erworben. Avalon ist eines von mehreren aktuellen Fokusprojekten.

Avalon:

→ www.ssa.ethz.ch

Microtransat Challenge:

→ www.microtransat.org



01



02



03



04



05



06

01_Das Boot ist fertig – wo ist das Meer? Die Gruppe «Studenten segeln autonom» (SSA) präsentiert Avalon, das Boot mit dem Segelroboter. 02_Liefern die Sensoren die notwendigen Daten? Vor der Wasserung im Zürichsee werden noch schnell die Programme überprüft. 03_Zur Wasserung gehts erst mal höher hinaus, als bei Booten dieser Grössenordnung üblich: Notwendig machts der überlange Kiel, der das unbemannte Boot auch bei hohem Seegang stabilisieren soll. 04_Auch das Segel ist um einiges schwerer, als man erwarten würde. Damit es den Stürmen der Karibik standhält, wurde ungewöhnlich dickes Material verwendet. 05_An Deck befinden sich vor allem Solarzellen. Sie liefern dem Segelroboter die notwendige Energie. 06_Wenn das kein Grund zum Feiern ist! Die Crew bleibt an Land und stösst auf die Jungfernfahrt an.

Der Städtedoktor

Leben zwischen verschiedenen Welten ist für Kees Christiaanse Alltag: als Niederländer, aber vor allem als Europäer, als Städtebauer und als Kurator der Architekturbienale in Rotterdam. Die Tätigkeit in mehreren Sphären nebeneinander empfindet er als inspirierend.

Kees Christiaanse teilt sein Leben zwischen Zürich und Rotterdam, zwischen seiner ETH-Professur am Institut für Städtebau im Netzwerk Stadt und Landschaft und seinem Büro für Städtebau und Architektur (KCAP). Darüber hinaus ist er Visiting Professor im Cities Program der London School of Economics. Dennoch schafft er es gewöhnlich, nur eine Nacht pro Woche nicht zu Hause bei der Familie in Zürich zu verbringen. Doch trotz sorgfältiger Planung und disziplinierter Bündelung seiner Reisen empfindet er das viele Reisen und die Tätigkeit als «nachhaltiger» Städtebauer als unvermeidlichen Widerspruch.

Aber all seine disziplinierte Planung ist im Moment schlicht über den Haufen geworfen. Denn zuzeit ist er neben seinen ohnehin zahlreichen Aufgaben auch noch Kurator der 4. Architekturbienale in Rotterdam (IABR4), die am

24. September startet. Diese Biennale ist, im Gegensatz zu der in Venedig, keine Sammlung von Stararchitektur. Sie richtet sich spezifisch auf die Stadtforschung. Die ersten drei Biennalen in Rotterdam hatten den Städtebau im Zusammenhang mit Mobilität, Wasser und Macht zum Thema. Christiaanse hat die «Open City», die offene Stadt, zum Leitthema der 4. Biennale gewählt. «Im Städtebau wissen wir noch immer nicht genau, was funktioniert. Aber aus Fehlplanungen in der Vergangenheit haben wir gelernt, was alles nicht funktioniert», erklärt er nüchtern. Kurz: «Das meiste Wissen im Städtebau entstand durch Planungsfehler.»

Als Kurator wurde er angefragt, weil er weltweit einer der wenigen ist, die sich nicht nur in der Forschung einen Namen gemacht, sondern zudem zahlreiche grosse Städtebauprojekte erfolgreich umgesetzt haben. Etwa die Revita-

lisierung der HafenCity in Hamburg und ehemaliger Hafensareale in Rotterdam oder Amsterdam. Seit 2004 arbeitet er am Masterplan der Erweiterung des Campus von Science City am Höggerberg. Für die Olympischen Spiele 2012 in London ist er dabei, vernachlässigte Stadtteile aufzuwerten und öffentliche Räume zu schaffen, die ein Zusammenwachsen der umliegenden Quartiere ermöglichen.

Nährboden für Koexistenz

Die zunehmende räumliche, soziale und funktionelle Segregation in den Städten will er in der Biennale thematisieren. Christiaanse will untersuchen, inwiefern städtebauliche Strukturen eine Art «Nährboden» für Koexistenz, kulturelle Interaktion, Toleranz und Innovation bilden können. Er sieht die offene Stadt nicht so sehr als eine fixierte Vision. Die offene Stadt ist vielmehr ein dynamischer Zustand. Es käme Christiaanse nie in den Sinn, einem Stadtteil einen bestimmten «Stil» überzustülpen, künstlich einheitliche Strassenfronten würden auf seinem Reissbrett niemals entstehen. Stattdessen müssen Städte für ihn eine gesunde Mischung bieten. Das heisst auch gemischte Nutzung der Gebäude, altersmässige und soziale Durchmischung der Bewohner, öffentliche Räume, die Interaktion zulassen. Und man muss sich zu Fuss gut bewegen können.

Der Städtebauer kann zwar Voraussetzungen und Rahmenbedingungen für die Entfaltung einer städtischen Kultur schaffen. Dass funktionierende Städte sich am Ende nicht auf dem Reissbrett zeichnen lassen, weiss Christiaanse sehr gut. «Sie sind ein Organismus, der sich ständig verändert. Die Stadt ist ein Kraftfeld. Zu den wichtigsten Grundbedingungen dabei gehören durchlässige, offene Netze von Strassen, Plätzen und öffentlichen Räumen.»

Den roten Faden fest in der Hand

Die Biennale beschäftigt sich nicht nur mit der offenen Stadt; sie hat auch ein offenes

IABR

Die IABR, die 4. internationale Architekturbienale, wird am 24. September 2009 in Rotterdam eröffnet und endet am 10. Januar 2010. Diesmal lautet das Thema «Open City – Designing Coexistence». Sie will aufzeigen, wie städtebaulicher Entwurf dazu beitragen kann, dass die Stadt ein Ort friedlicher kultureller, politischer und sozialer Koexistenz sein kann. Unterthemen sind:

- «Community» (diverse Städte in den USA): die amerikanische Stadt als Melting Pot der Koexistenz unterschiedlicher Migrationsgruppen.
- «Collective» (Russland und der ehemalige Ostblock): die postsozialistische Stadt der Grosswohnsiedlung unter Einfluss radikaler Marktmechanismen und der Veränderung in der sozialen Struktur.
- «Refuge» (Istanbul und der Mittlere Osten): Was ist übrig von urbaner Interaktion in einer Situation politischer und religiöser Polarisierung?
- «Squat» (Südamerika und Afrika): die Versöhnung

zwischen dem Formellen und dem Informellen bei der Revitalisierung von Slums.

«Reciprocity» (Indonesien): die Selbstorganisation städtischer Erneuerung durch gegenseitige Unterstützung im Stadtdschungel Jakartas.

«Maakbare samenleving» [machbare Gesellschaft] (Rotterdam): die Illusionen der multikulturellen Gesellschaft und ihre städtebaulichen Transformationen.

Die Rotterdamer Biennale findet dieses Jahr in Zusammenarbeit mit dem Amsterdamer «Wibautjahr» statt mit der Ausstellung und dem Symposium «Der freie Staat Amsterdam».

- www.iabr.nl/EN/index.php
- www.kcap.eu
- www.christiaanse.arch.ethz.ch/twiki/bin/view/Urbanesign/KeesChristiaanse.html



Kees Christiaanse, Architekt und Professor am Institut für Städtebau der ETH Zürich, sieht die Stadt als Organismus, der sich ständig verändert, und als Kraftfeld, das man nicht nur am Reissbrett planen kann.

Ende. Anstatt von vornherein fest definiert zu sein, ist die Ausstellung eine Suche nach Konditionen der «Open City». Ein breites Spektrum von Städtebauern, Architekten, Hochschulen und Städten wird an der Ausstellung im September Beiträge liefern. Christiaans Arbeit besteht darin, die Teilnehmer auszuwählen, Aufgabenstellungen festzulegen und das Ganze zu betreuen und vor allem zu koordinieren. Für das, was er «ein wenig Koordination» nennt, reist er nicht nur zwischen Rotterdam und Zürich hin und her, sondern auch zu Workshops nach São Paulo, Jakarta oder Moskau, die Teil der Biennale sind. Er hält Kontakt zum IABR-Büro in Rotterdam, das sich mit der Finanzierung, Umsetzung und Logistik beschäftigt, erarbeitet Aufgabenstellungen und Ausstellungskonzepte und verfasst Artikel für Publikationen. Eigentlich, so meint er, bestehe seine Arbeit darin, für den roten Faden und die Hauptstruktur zu sorgen. Die Teilnehmer arbeiten relativ autark. Das führe, wie er fein lächelnd anmerkt, manchmal auch zu unerwarteten Produkten. Was nicht negativ sein muss.

Sein Architekturbüro KCAP (Kees Christiaanse Architects & Planners) in Rotterdam allerdings hat er bis zum Ende der Biennale «schlafen gelegt», wie er es schmunzelnd nennt. Seine drei Partner führen das Büro weiter. Das KCAP hat er 1989 gegründet, seit drei Jahren gibt es auch einen Ableger in Zürich. Das Spektrum der Arbeiten des Büros reicht von Städtebauprojekten weltweit bis zur Innenarchitektur. Der Städtebau ist sein Lebensthema. So sehr, dass er sich selbst so charakterisiert: «Ich versuche in meinem Leben eine Art Stadt zu sein mit unterschiedlichen Quartieren und einem Zentrum.» Er möchte die stimulierende und koordinierende Grundlage sein für die Koexistenz von Familie, Freunden und Kollegen. Jeder soll sich entfalten können, im Privaten wie in der Arbeit. Er versucht, seine verschiedenen Lebensbereiche ineinanderfließen zu lassen. Ist er an seiner Professur, die er seit 2003 am Hönggerberg innehat, trifft man nicht selten auch einen seiner drei Söhne an, der an einem schulfreien Nachmittag an einem Architekturmodell bastelt.

Distanz und Nähe

Seine häufigen Reisen lassen ihn gesunde Distanz bewahren zu seinem Geburtsland Niederlande und auch zu seinem Wohnort Schweiz. Ganz zuhause ist er in beiden Ländern nicht. Gemeinsam sind beiden, so hat er beobachtet, die calvinistische Arbeitshaltung und die Direktheit im Geschäften. An der Schweiz schätzt er die unberührte Natur in greifbarer Nähe. Etwas, das es im Meter für Meter dem Meer abgerungenen Holland nicht gebe. Dafür kommt ihm das Segeln auf dem Zürichsee ein wenig vor wie Schiffchenfahren in der Badewanne.

Das Leben in verschiedenen Kulturkreisen und verschiedenen Arbeitswelten prägt Christiaanse stark. Fordernd sei das schon, gesteht er. Aber es habe den Vorteil, dass er sich jeweils ganz auf einen Kreis konzentriere, den Stress der anderen vorübergehend vergesse. Das wirke in gewissem Sinne erholsam, findet er. Die Kunst sei, das Gleichgewicht in den Sphären zu halten. Wie in der Stadtplanung eben. //

Alexandra von Ascheraden

Eine illustre Rednerliste

Vor zehn Jahren führte die Alumni Vereinigung zum ersten Mal einen Business Event durch. Seither haben über 50 Führungspersönlichkeiten dargelegt, wie sie ihr Unternehmen erfolgreich durch den rauen Geschäftsalltag navigieren.



Calvin Grieder, CEO Bühler AG, berichtete Ende April über die Erfahrungen, die seine Firma in China macht.

Jakob Kellenberger, Alexander Pereira, Nicolas Hayek, Ingrid Deltenre und Ferdinand Piëch gehören genauso dazu wie Peter Kurer, Philippe Gaydoul, Christoph Franz oder Peter Spuhler, und auch Samih Sawiris, Ulrich Gygi, Walter Kielholz, Filippo Leutenegger, Fred Kindle, Franz Humer und Johann Schneider-Ammann finden sich auf der exklusiven Liste. Kein Zweifel: Die Alumni Business Events haben sich zu einem festen und erfolgreichen Format an der ETH Zürich entwickelt.

Seit der damalige Swissair-CEO Jeffrey Katz im September 1999 die Reihe eröffnete, haben über 50 bekannte Vertreterinnen und Vertreter aus Wirtschaft und Kultur die Gelegenheit wahrgenommen, vor den Ehemaligen der ETH Zürich einen Vortrag zu halten. Die Alumni Business Events gehören inzwischen zum Standardprogramm von ETH Alumni – mit wachsendem Erfolg. Die Zahl der Zuhörerinnen und Zuhörer hat im Laufe der Zeit kontinuierlich zugenommen, und wenn wie im März 2009 Andreas Schönenberger, Country Manager von Google Switzerland, spricht, drängen sich schon einmal 160 Gäste ins Dozentenfoyer. Angesichts der illustren Rednerliste erstaunt es nicht, dass

die Alumni Vereinigung inzwischen sogar Anfragen für Auftritte bekommt.

Als Referentinnen und Referenten werden nur Führungskräfte berücksichtigt, die nachweisbar einen Erfolgsausweis vorlegen können. In ihren Vorträgen berichten sie, mit welchen Grundsätzen sie ihr Unternehmen oder ihre Institution führen und welche Besonderheiten es dabei zu berücksichtigen gilt. Die Zuhörerinnen und Zuhörer erhalten dabei aus erster Hand interessante Einblicke in kaum bekannte Branchen – zum Beispiel, wenn Monika Ribar, CEO von Panalpina, erläutert, auf welch verschlungenen Wegen heute Güter rund um die halbe Welt verschoben werden, oder wenn Jürg Witmer, CEO von Givaudan Suisse, davon schwärmt, wie hochsensible Aromatiker neue Düfte komponieren.

Besonders geschätzt von den Gästen wird nicht nur, dass sie den Referentinnen und Referenten nach dem Vortrag Fragen stel-

len dürfen, sondern auch, dass die Business Events jeweils eine ideale Gelegenheit zum aktiven Networking bieten. Immer wieder gibt es dabei auch grosszügige Alumni, die mit einer Spende einem Studierenden die kostenlose Teilnahme an einem solchen Anlass ermöglichen.

Der nächste Business Event findet am 29. September 2009 mit Kurt Ruffieux, General Manager Degradable Solutions AG, statt. Am 27. Oktober 2009 steht ein spezieller Jubiläums-Business-Event auf dem Programm. //

Felix Würsten

Anmeldung unter:
→ www.alumni.ethz.ch/events/business_events



Die Alumni Business Events sind als Möglichkeit zum Networking sehr geschätzt.

Treffpunkt ETH

Mitte September ist es wieder so weit: Am 19./20. September 2009 findet an der ETH Zürich der zweite Homecoming Day statt. Eines der wichtigsten Ziele dieses Anlasses, der von ALSTOM (Schweiz) AG (Nobelpartner) und Axpo Holding AG (Masterpartner) unterstützt wird, ist es, die Alumni über die strategischen Ziele und Projekte der ETH Zürich zu informieren – damit diese ihre Rolle als Ambassadors der Hochschule verstärkt wahrnehmen können. Das vorläufige Programm sieht vier Abschnitte vor: Am Samstagmorgen findet unter dem Stichwort «Alumni International» ein spezieller Empfang für die Alumni-Gäste aus dem Ausland statt. Gerhard Schmitt, Delegierter für internationale institutionelle Angelegenheiten der ETH Zürich, wird dabei in einem Referat die Internationalisierungsstrategie der ETH vorstellen.

Kernstück des Homecoming Day ist die Alumni Conference am Samstagnachmittag. Unter dem

Titel «Die strategischen Themen der ETH Zürich – die Alumni sind informiert» orientiert die ETH Zürich die Ehemaligen über diejenigen Bereiche, welche von der Schulleitung als strategisch wichtig erkannt wurden. Mit Prof. Lino Guzzella (Energie), Prof. Robert Riemer (Medizintechnik), Prof. Paul Embrechts (Risk Management), Prof. Klaus Ensslin (Quantencomputing), Prof. Christofer Hierold (Nanotechnologie) und Prof. Gerhard Schmitt (Future Cities) konnten sechs ausgewiesene Spezialisten als Referenten gewonnen werden.

Am Samstagabend lädt ETH Alumni alle Ehemaligen am Alumni Networking Evening zu einem grossen Fest in entspannter Atmosphäre ein. Die Gruppe Six in Harmony und die Band Hear Again von ETH-Alumnus Orlando Monsch werden die Gäste bestens unterhalten. Nicht zuletzt wird an diesem Abend auch das 140-Jahr-Jubiläum der Ehemaligenvereinigung ausgiebig gefeiert.



Den Abschluss des Homecoming Days bildet schliesslich der Kulturbrunch am Sonntagmorgen, der bereits zum dritten Mal durchgeführt wird. Iso Camartin wird zu einem für ETH-Absolventen relevanten Thema aus seinen Werken lesen.

Informationen und Anmeldung unter:

→ www.alumni.ethz.ch/events/homecomingday

Anzeige

focusTerra – entdecken Sie die Geheimnisse der Erde

focusTerra bietet interessierten Besuchern vielfältige Einblicke in die erdwissenschaftliche Forschung.

Öffnungszeiten

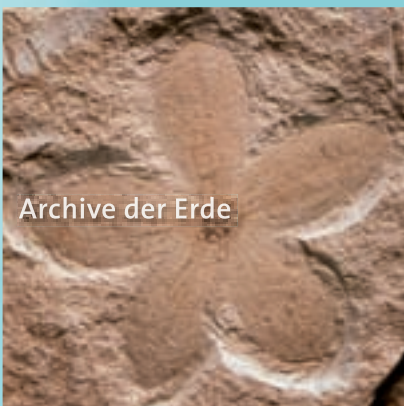
- Dienstag bis Freitag 9.00 – 17.00 Uhr
- Sonntag 10.00 – 16.00 Uhr
- Montag und Samstag geschlossen

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
www.focusterra.ethz.ch


ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

focusTerra
Erdwissenschaftliches Forschungs- und
Informationszentrum der ETH Zürich

«Es entstehen völlig neue Geschäftsfelder»

Nachhaltigkeit wird für viele Firmen zu einem immer wichtigeren Thema. Johannes Milde, CEO der Firma Siemens Building Technologies, und Anton Scherrer, Verwaltungsratspräsident der Swisscom, erklären, welchen Stellenwert Nachhaltigkeit für ihre Unternehmen hat.



Die Division Building Technologies von Siemens AG ist ein Unternehmen, das grüne Technologie produziert. «Wir können mit einer konsequenten Steuerung der Anlagen 20 bis 30 Prozent an Energie in Gebäuden einsparen», sagt CEO Dr. Johannes Milde.



Dr. Anton Scherrer, Verwaltungsratspräsident der Swisscom AG, setzt sich für die Förderung von Ökostrom ein: «Gerade weil wir als Unternehmen so viel Strom verbrauchen, ist Nachhaltigkeit ein grosses Thema für uns.»

Herr Milde, welche Bedeutung hat das Thema Nachhaltigkeit für Ihr Unternehmen?

Johannes Milde: Nicht nur in der Schweiz, sondern auch global gesehen hat der Energieverbrauch in den letzten Jahren kontinuierlich zugenommen. Dieser Trend dürfte sich in den kommenden Jahren fortsetzen. Wenn man sich die Liste der Kraftwerke anschaut, die weltweit neu gebaut werden sollen, dann wird klar, dass man das Problem nicht nur auf der Erzeugerseite angehen muss, sondern auch auf der Verbraucherseite, bei der Industrie, beim Verkehr, bei den Gebäuden und den Haushalten. Für ein Unternehmen wie Siemens ergeben sich daraus interessante Perspektiven. Ausser den Umweltanliegen, die es zu berücksichtigen gilt, ergeben sich völlig neue Geschäftsmöglichkeiten. Für viele Unternehmen besteht zwischen Ökonomie und Ökologie heute kein Widerspruch mehr.

Was kann die Gebäudetechnik beitragen?

Milde: In Gebäuden wird 40 Prozent der Gesamtenergie verbraucht. Dieser Verbrauch liesse

sich mit der existierenden Technik bereits heute um die Hälfte reduzieren. Das Problem dabei ist: Gebäude können nicht von einem Monat zum anderen erneuert werden, sondern das braucht viel Zeit. Siemens Building Technologies liefert Technologien, um den Energieverbrauch in Gebäuden zu überwachen, zu regeln und die Steuerung der technischen Anlagen zu automatisieren und dadurch den Energieverbrauch mit geringen Investitionen zu reduzieren. Je nach Gebäudetyp könnten mit einer konsequenten Steuerung der Anlagen 20 bis 30 Prozent an Energie eingespart werden.

Wichtig ist vor allem, dass die Gebäude ständig im optimalen Betriebszustand laufen und auch die Benutzer über den Energieverbrauch informiert und für Einsparungen sensibilisiert werden. Ohne regelmässige Anlagenüberwachung hat sich zum Beispiel ein Bürogebäude nach zwei, drei Jahren um 15 bis 20 Prozent vom optimalen Betriebspunkt entfernt. Natürlich tragen auch eine Optimierung der Gebäudehülle und die Installation energieeffi-

zienter HLK- und Beleuchtungsanlagen stark zur Einsparung bei.

Welche Rolle spielen dabei Kommunikationstechnologien?

Milde: Kommunikationstechnologien spielen eine immer wichtigere Rolle, da die einzelnen Systeme im Gebäude mehr und mehr zusammenwachsen. Grundvoraussetzungen dafür sind standardisierte Kommunikationsverbindungen und ein durchgängiger Datenaustausch. Es entstehen Netzwerke, wie man sie heute bereits bei der Bürokommunikation kennt. Zudem werden immer häufiger ganze Gebäudekomplexe zentral verwaltet. Einige Handelsunternehmen überwachen ihre Filialen zentral und messen, wo wie viel Energie verbraucht wird. An unseren eigenen Zentralen sind weltweit über 100 000 Gebäude angeschlossen, die wir teilweise über grosse Distanzen hinweg überwachen. Dabei kombinieren wir Messdaten aus dem Gebäude mit externen Informationen – zum Beispiel Wetterdaten –

die wir über das Internet beziehen. Der Vergleich dieser Verbrauchswerte zeigt, wo weiter Energie eingespart werden kann.

Herr Scherrer, sehen Sie da Geschäftsmöglichkeiten für Ihr Unternehmen? Die zuverlässige Übermittlung von Daten gehört ja zum Kerngeschäft von Swisscom.

Anton Scherrer: Es gibt diesbezüglich keine Standardprodukte; wir haben aber für Geschäftskunden schon viele massgeschneiderte Lösungen entwickelt. Gerade im Bereich Gebäudetechnik laufen bei Swisscom zurzeit verschiedene Evaluationen und Pilotprojekte. Das Gewährleisten einer reibungslos funktionierenden Kommunikationsinfrastruktur ist uns generell ein grosses Anliegen. Unsere Kunden sind darauf angewiesen, dass unsere Dienstleistungen mit hoher Sicherheit verfügbar sind.

Swisscom ist nicht unbedingt ein Unternehmen, das man spontan mit den Begriffen Nachhaltigkeit und Klimaschutz in Verbindung bringt – immerhin ist Swisscom einer der grössten Stromverbraucher der Schweiz.

Scherrer: Das ist so. Doch die Wahrnehmung von aussen entspricht nicht immer der Realität. Gerade weil wir so viel Strom verbrauchen, ist Nachhaltigkeit ein grosses Thema für uns. Aus diesem Grund setzen wir uns auch stark für die Förderung von Ökostrom ein. Wir sind in der Schweiz der grösste Abnehmer von Sonnen- und Windenergie.

Welche Anstrengungen unternehmen Sie auf der Verbrauchsseite?

Scherrer: Im Bereich Rechenzentren haben wir mit dem neuen Kühlsystem «Mistral» einen grossen Schritt gemacht. Ein Grossteil unseres Energieverbrauchs fällt in unseren Telefonzentralen an. Mit einem neuen Lüftungssystem, für das wir übrigens den europäischen Innovationspreis erhielten, gelang es uns, den spezifischen Stromverbrauch um ein Drittel zu redu-

zieren und so auch die Energiekosten markant zu senken. Daneben sind wir auch Mitglied der WWF Climate Group, die sich zum Ziel setzt, die CO₂-Emissionen zu reduzieren. Bei der Beschaffung von neuen Fahrzeugen achten wir beispielsweise darauf, möglichst sparsame Fahrzeuge zu kaufen. Wir haben uns das Ziel gesetzt, den CO₂-Ausstoss unserer Flotte im Durchschnitt auf 150g/km zu reduzieren.

Herr Milde, Siemens Schweiz unterstützt die ETH Zürich aktiv, indem die Firma eine neue Assistenzprofessur für Gebäudetechnik finanziert. Was erwarten Sie sich von diesem Engagement?

Milde: Wir haben weltweit inzwischen in über 1000 Projekten moderne Steuerungs- und Überwachungsanlagen installiert. Dabei konnten wir Energiekosten von rund 3 Milliarden Franken und CO₂-Emissionen von 1,2 Millionen Tonnen einsparen. Das zeigt: Man kann heute schon viel machen. Trotzdem besteht noch ein enormer Forschungsbedarf.

Für uns ist vor allem wichtig zu erkennen, welche Anforderungen in der Zukunft an die Gebäude gestellt werden. Ein Gebäude mit thermoaktiven Bauelementen, zum Beispiel Betondecken, benötigt ganz andere Regelprozesse als ein Gebäude mit einer konventionellen Heizung. Solche Entwicklungen müssen wir rechtzeitig studieren. Die Baubranche ist sehr arbeitsteilig organisiert; Innovationen über Fachgrenzen hinweg sind nur mühsam zu realisieren. Wir möchten nun die interdisziplinäre Zusammenarbeit in unserer Branche fördern. Deshalb arbeiten wir mit der ETH Zürich, aber auch mit anderen Hochschulen, eng zusammen. Wir hoffen, dass um die ETH Zürich ein Cluster für die Erforschung nachhaltigen Bauens entsteht. Interessant für uns ist aber auch, dass die ETH Zürich eine internationale Ausstrahlung hat und zum Beispiel gute Kontakte zu Singapur und China pflegt.

Herr Scherrer, in welcher Form unterstützt Swisscom die ETH Zürich?

Scherrer: Wir haben der ETH Zürich Foundation ein grösseres, zinsloses Darlehen gewährt. Swisscom hat bewusst keine Zweckbestimmung festgelegt, damit die ETH Zürich ihre Forschungsschwerpunkte selbst bestimmen kann.

Sie selbst sind Mitglied des Stiftungsrats der ETH Zürich Foundation. Wie erleben Sie die Arbeit in diesem Gremium?

Scherrer: Wir haben eine sehr konstruktive Zusammenarbeit und in den letzten Jahren grosse Fortschritte erzielt. Ich denke, durch unser Engagement haben wir eine Reihe von Beiträgen geleistet, die für die ETH sehr nützlich sind. //

Interview: Felix Würsten

Kontakt und weitere Informationen:

ETH Zürich Foundation
Donald Tillman, Tel: 044 633 69 62
→ www.ethz-foundation.ch

Bücher



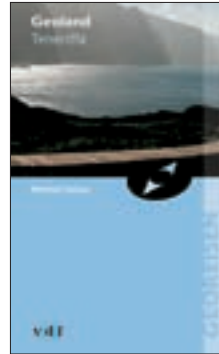
Michael Szöny
Geoland
Ostschweiz/Voralpen/Graubünden
 Reihe GEOREISEN

→ 2009, 112 Seiten,
 zahlr. farbige Abb., broschiert
 CHF 28.–, ISBN 978 3 7281 3241 3
 vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

Das Buch stellt eine Auswahl an geologisch interessanten Highlights vor, die es in diesen Regionen zu entdecken gibt. Es enthält Vorschläge für grössere und kleinere Wanderungen, Ausflüge, Fahrradtouren und regt so zum nachhaltigen und bewussten «Abenteuerwandern» an.

Landschaftliche Besonderheiten werden mit konkreten Reisetipps verbunden; dies ermöglicht auch Einheimischen neue und überraschende Einblicke in ihr Land.

Zahlreiche Abbildungen und hochwertige Fotos laden dazu ein, die Umgebung mit allen Sinnen zu geniessen und die Wechselwirkung zwischen Mensch und Natur bewusst wahrzunehmen. //



Michael Szöny
Geoland
Teneriffa
 Reihe GEOREISEN

→ 2009, 72 Seiten,
 zahlr. farbige Abb., broschiert
 CHF 28.–, ISBN 978 3 7281 3242 0
 vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

Die Kanarischen Inseln sind in erster Linie als Badeinseln bekannt. Dabei bietet gerade eine vulkanische Insel wie Teneriffa eine Fülle von spektakulären Sehenswürdigkeiten, die einfach erreichbar sind und jeden Urlaub um eine neue Genussdimension erweitern.

Das Buch zeigt, welche spannende Aspekte und Gebiete eine facettenreiche Destination wie Teneriffa aus geologischer Sicht bereithält. Es führt den Leser abseits des Touristenstroms zu besonderen Wanderzielen der Insel und lehrt ihn, die Naturschönheiten aus dem Blickwinkel des Geologen zu sehen und zu verstehen. //



Helmut Weissert, Iwan Stössel
Der Ozean im Gebirge
Eine geologische Zeitreise durch die Schweiz

→ 2009, 180 Seiten, broschiert
 CHF 44.–, ISBN 978 3 7281 3221 5
 vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

Dieses Buch nimmt Sie mit auf eine geologische Zeitreise durch die Schweiz. Erkennen Sie die Zusammenhänge zwischen Plattentektonik und Gebirgsbildung am Beispiel der Alpen und des Juras. Erfahren Sie, wie Sedimentgesteine als Archive zur Geschichte eines vergangenen Ozeans dienen.

Suchen Sie nach Spuren der Ozeangeschichte und vergangener Vergletscherungen. Am Beispiel der geologischen Analyse einer Landschaft werden auch Arbeitsmethoden der Geologie vermittelt.

Auch der Mensch ist ein geologischer Faktor: Durch den Abbau von Salz, Kohle oder Kies, die Wassernutzung oder auch die Lagerung von Atommüll greift er immer wieder in natürliche Stoffkreisläufe ein und bestimmt so die Geschichte der Geologie mit.

Im Internet stehen weiterführendes Bildmaterial, Simulationen und Modelle zur Verfügung. //

→ www.vdf.ethz.ch

Agenda

→ 25. Juni bis 23. Juli 2009 Das siebte Zimmer – Konzeptioneller Städtebau in Zürich

Zürichs Stadtplanung genießt internationales Ansehen. Was in den vergangenen zehn Jahren in dieser Stadt geplant und umgesetzt wurde, stösst in Fachwelt und Bevölkerung auf ein breites Interesse. In einer Wanderausstellung werden die Stadtquartiere mit ihren unterschiedlichen Problemstellungen vorgestellt und es wird aufgezeigt, wie über die konzeptionelle Methode spezifische und zukunftsorientierte Lösungen entstehen können. In sieben begehbaren Zimmern wird die städtebauliche Haltung Zürichs an konkreten Beispielen zum Ausdruck gebracht. Mit Bild, Text und Ton werden in der Ausstellung verschiedene Thesen zum Thema aufgestellt.

25. Juni 2009 bis 23. Juli 2009
Mo.–Fr. 8–21 Uhr, Sa. 8–16 Uhr,
So. und Feiertage geschlossen
Haupthalle, Zentrum, ETH Zürich

→ 3. Juli bis 31. August Ausstellung «Entdeckungen/Discoveries», Insel Mainau

Der Faszination des Wassers nachgehen: In 20 Pavillons werden wissenschaftliche Experimente, Simulationen und spannende Exponate ausgestellt. Gezeigt werden unter anderem Exponate zum Tsunami-Frühwarnsystem für den Indischen Ozean, zur Beobachtung von Ozeanströmungen aus dem Weltall und zur Ökologie von Kakaoanbau-Gebieten. Die ETH Zürich und ETH Sustainability präsentieren an der Ausstellung gemeinsam mit der EAWAG einen Pavillon. Im Zentrum stehen Ideen für geschlossene Material-, Abfall- und Energieflüsse. Ein Team um ETH-Professor Marc Angélil hat die Pavillonarchitektur für die gesamte Ausstellung entworfen.

3. Juli bis 31. August; Insel Mainau in der Nähe von Konstanz am Bodensee
→ www.mainau-entdeckungen.de

→ 12. November 2009 Klimawandel – wohin steuert die Schweiz?

Im Vorfeld der diesjährigen Weltklimakonferenz sind dringend pragmatische Lösungen zur Verringerung der globalen Erwärmung gefragt. Mit der Revision des CO₂-Gesetzes rückt das Thema auch in der Schweiz ins Zentrum der gesellschaftlichen Debatte. Die ETH Zürich und ETH Sustainability laden zum kritischen Dialog. Der erste Teil der Veranstaltung liefert aktuelle Forschungsergebnisse und Hintergrundinformationen; der Schwerpunkt liegt auf den Auswirkungen und Handlungsoptionen für die Schweiz. Im zweiten Teil diskutieren Vertreter aus Politik, Industrie, Versicherung und Umweltorganisationen die aktuelle Situation und zeigen mögliche Elemente eines Aktionsplans auf. Die beiden Programmteile können auch einzeln besucht werden.

12. November 2009;
Auditorium Maximum (HG F30), ETH Zürich
Teil 1 beginnt um 14 Uhr,
Teil 2 um 18:30 Uhr



Ausstellung «Entdeckungen/Discoveries», Insel Mainau: Pavillons entworfen vom Team um Professor Marc Angélil, Architektur, ETH Zürich.

«Ethnische Vielfalt an sich führt nicht zu mehr ethnischer Gewalt.»

Die Ursachen ethnischer Gewalt neu erklärt eine grossangelegte Studie unter der Leitung von Forschern der ETH Zürich und der University of California. Lars-Erik Cederman von der ETH Zürich erläutert, warum diese Studie verbreitete Vorstellungen in der Konfliktforschung relativiert.



Lars-Erik Cederman, Professor für internationale Konfliktforschung am Departement Geistes-, Sozial- und Staatswissenschaften der ETH Zürich, ist Co-Autor der Studie.

Herr Cederman, gibt es heute mehr ethnisch motivierte Konflikte als früher?

Genau genommen haben ethnisch motivierte Konflikte seit Mitte der 90er-Jahre etwas abgenommen. Aber ethnisch motivierte Konflikte spielen immer noch eine sehr grosse Rolle. Ich würde sogar behaupten, dass dies ein grösseres Problem darstellt als der Terrorismus. Die Daten zeigen, dass heute innerstaatliche Konflikte, also Bürgerkriege, viel häufiger vorkommen als Konflikte zwischen Staaten. Und mindestens die Hälfte der Bürgerkriege sind ethnonationalistisch motiviert.

Wie definiert man denn Ethnizität?

Es ist eine Art von kultureller Gemeinschaft, bei der man von einer angeblichen gemeinsamen Art der Abstammung ausgeht. Aber in der Realität ist das natürlich weitgehend Mythos. Ob es tatsächlich eine genetische gemeinsame Abstammung gibt, ist im Grunde genommen irrelevant, solange die kulturelle Überzeugung die Gruppe zusammenschweisst. So gesehen sind Religion, Sprache, kulturelle Merkmale jeglicher Art Möglichkeiten zur ethnischen Gemeinschaftsbildung. Diese Art von Selbstkategorisierung hat durch den Nationalismus eine zunehmende politische Bedeutung erhalten.

Das allein muss ja noch nicht zu Konflikten führen. Unter welchen Voraussetzungen sind ethnisch motivierte Konflikte besonders wahrscheinlich?

Bisher ist man in der Forschung häufig davon ausgegangen, dass ethnische Vielfalt zu Konflikten führt...

...dann wäre ja die Schweiz prädestiniert für ethnische Konflikte!

Eben – und das ist sie ganz offensichtlich nicht. Deshalb kann diese verbreitete These nicht ganz richtig sein. Wir haben mit unserem Datensatz herausgefunden, dass nicht Vielfalt, auch nicht ethnische Unterschiede, sondern

der Zugang zur Macht der entscheidende Faktor ist. Ob es viele verschiedene Gruppen gibt oder nicht, ist nicht die Hauptsache. Entscheidend ist vielmehr, wie und dass sie an der Macht beteiligt sind. Wir konnten ausserdem nachweisen, dass der Ausschluss von grossen Teilen der Bevölkerung, also eine Apartheid-Situation, immer sehr explosiv ist.

Welche Faktoren sind ausserdem entscheidend?

Es gibt in der Bürgerkriegsforschung gewisse Faktoren, auf die man immer wieder eingeht. Die grosse Debatte ist zum Beispiel, ob vor allem materialistische oder kulturelle Faktoren zu Konflikten führen. Die Tatsache, dass wir in unseren Daten einen sehr starken Zusammenhang zwischen ethnopolitischen Faktoren und dem Ausbruch von Bürgerkriegen sehen, steht im Gegensatz zu Theorien von vielen Ökonomen oder auch der Weltbank, die davon ausgehen, dass sich alles um Geld und Gier dreht. Aber die Vorstellung, dass die Warlords dieser Welt ausschliesslich deshalb Kriege führen, weil sie Gewinne machen wollen, ist unserer Meinung nach nicht richtig.

Glauben Sie nicht, dass die Verteilung von Gütern, von Arm und Reich, eine Rolle spielt?

Wir bestreiten nicht, dass materialistische Faktoren auch eine Rolle spielen. In unseren Daten hat sich beispielsweise gezeigt, dass ein generell höheres Bruttosozialprodukt die Wahrscheinlichkeit von Bürgerkriegen reduziert. Die meisten Bürgerkriege finden in ganz armen Ländern statt. Eine Kombination von ethnisch motiviertem Ausschluss und Armut ist besonders gefährlich. Aber im Konflikt zwischen Israel und den Palästinensern beispielsweise wird eine Verbesserung der materiellen Lebensbedingungen der Palästinenser allein nicht ausreichen. Ohne Machtbeteiligung wird es keinen Frieden geben. Konflikthanfällig sind übrigens auch unvollständige Demokratien,

sogenannte Anokratien wie beispielsweise Armenien oder die Länder der ehemaligen Sowjetunion.

Gibt es ein Rezept gegen ethnisch motivierte Konflikte?

Unserer Meinung nach führt kein Weg um Machtteilung herum. Demokratie ist sicherlich die stabilste politische Ordnung überhaupt. Aber auf dem Weg zur Demokratie, in den Übergangsstadien, gibt es wiederum grosse Risiken. Das zeigt sich beispielsweise gerade im Irak. //

Interview: Martina Märki

Studie: «Ethnic Politics and Armed Conflict: A Configurational Analysis of a New Global Data Set»

Für die vorliegende Studie wurden mit Hilfe eines eigens entwickelten Online-Experten-systems über 100 Experten weltweit befragt. Diese Experten haben alle politisch relevanten Gruppen ihres Beobachtungslandes systematisch hinsichtlich bestimmter konfliktrelevanter Faktoren beschrieben und dabei die Zeit von 1946 bis 2005 berücksichtigt. Der so gewonnene Datensatz ist in dieser weltweiten Ausrichtung in der Konfliktforschung nahezu einmalig. In Zukunft sollen die Daten zudem mit einem geografischen Informationssystem (GIS) verknüpft werden. Das wird es erlauben, zahlreiche weitere Faktoren wie Terrainbesonderheiten, Informationsnetzwerke usw. mit einzubeziehen. Die Studie wurde im April publiziert in: *American Sociological Review*, 2009, Vol.74 (April: 316–337). Eine weitere Studie wird in der Zeitschrift *World Politics* 2010 publiziert.

Beste Aussichten für meine Zukunft.

Michael Bätcher, Bauingenieur, Axpo Mitarbeiter

Stimmt. Wir von der Axpo bieten Ihnen zahlreiche Möglichkeiten für Ihre Karriere in einem interessanten Unternehmen. Auf Sie warten ein spannendes Umfeld mit vielfältigen Aufgaben und die Mitarbeit an Grossprojekten. Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung: Axpo Holding AG, Anne Forster, Spezialistin Hochschulmarketing & Talent Recruitment, Parkstrasse 23, 5401 Baden, E-Mail anne.forster@axpo.ch, Telefon 056/200 44 47.

Mehr unter www.axpo.ch

