

ETH GLOBE

Das Magazin der ETH Zürich, Nr. 2 / Juni 2011



ENERGIE-ZUKUNFT:

DIE LÖSUNG STECKT IM DETAIL

INNOVATION

EFFIZIENZ

WASSER

NICHT VON LIMAZIELEN ABWEICHEN

Ausstieg Atomeenergie möglich?

UMSTIEG

Simulation

Tunnel-Crashes auf der Spur

Auftakt

Das neue Nano-Labor

Erkenntnis

Was BSE über Alzheimer verrät



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich



Open Systems gehört mit seinen Mission Control Security Services im Bereich IT-Sicherheit zu den europaweit anerkannten Anbietern. Wir arbeiten von Zürich und Sydney aus in einem dynamischen Umfeld in über 120 Ländern. Bei uns kannst Du Dein Wissen in einem jungen Team in die Praxis umsetzen und rasch Verantwortung übernehmen. Infos über Einstiegs- und Karrieremöglichkeiten sowie Videos findest Du auf unserer Website.

www.open.ch

Liebe Leserin, lieber Leser



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

Bei den Ereignissen in Fukushima haben Erdbeben und Tsunami nicht nur die Kernreaktoren erschüttert, schlagartig gerieten in vielen Ländern auch energiepolitische Überzeugungen aus dem Gleichgewicht. So steht in der Schweiz seit Kurzem der Ausstieg aus der Atomenergie zur Debatte. Dazu gibt es unterschiedliche Meinungen. Für die einen bergen AKWs samt nuklearer Entsorgung ein untragbares Restrisiko, andere sehen im Ausstieg quasi ein Verbot einer Technologie, die bei künftigen Reaktoren ein beträchtliches Verbesserungspotenzial aufweist.

Konsens: mehr Forschung und Entwicklung

Die Auffassungen gehen weit auseinander. Doch zwischen den verschiedenen Lagern herrscht ein solider Konsens – nämlich der, dass zur Lösung der Energieproblematik zwingend mehr Forschung, Entwicklung und Ausbildung nötig sind. Für die ETH Zürich kommt diese Forderung nicht überraschend, hat die Hochschule doch seit Langem vorausschauend und umfassend in Lehre und Weiterentwicklung der Energietechnologie und -ökonomie investiert.

Am Energy Science Center arbeiten über 40 Forschungsgruppen aus zwölf der 16 Departemente an fachübergreifenden Projekten für ein nachhaltiges Energiesystem. Die ETH-Forschungsstrategie setzt ihre Schwerpunkte bei der Energieeffizienz, bei den erneuerbaren Energien und bei der unweigerlich zunehmenden Elektrifizierung. Um die Grundlagen auf diesen prioritären Gebieten systematisch zu erforschen, wurden zusätzliche Professuren geplant und realisiert. Bereits besetzt sind drei neue Lehrstühle für elektrische Energietechnik, die mehr Wissen über Hochspannungsnetze und energiesparende Leistungselektronik schaffen. Kürzlich berufen wurden die beiden Professuren für Elektrochemie (zusammen mit

dem PSI) und für neuartige Materialien in Batterien (gemeinsam mit der Empa). Vorgesehen sind im Weiteren zwei Lehrstühle für Geothermie. Als visionäres Ziel formuliert wurden zudem sechs Professuren für nachhaltiges Bauen, die sich über mehrere Departemente verteilen. Einige von ihnen haben ihre Aufgaben schon begonnen.

Entscheidungsbasis für nachhaltiges Energiesystem

Mit diesem vielfältigen Portfolio zur Erforschung wissenschaftlicher und technischer Grundlagen sowie zur Ausbildung interdisziplinär wirkender Fachleute für Wissenschaft und Praxis kann die ETH Zürich massgeblich zur Bewältigung der Energie- und Klimaproblematik beitragen. Der vorliegende ETH GLOBE präsentiert innovative Beispiele wie etwa wirksamere Solarzellen dank Nanomaterialien entstehen können oder wie Biotreibstoffe aus Mikroorganismen hergestellt werden.

Zusammen mit den andern Institutionen des ETH-Bereichs, weiteren Universitäten und Fachhochschulen sowie der Wirtschaft erschliessen sich Forschungsergebnisse, die der Politik und Gesellschaft als Entscheidungsgrundlage zur Wahl eines zukunftsweisenden Energiesystems dienen können. Ein solches System sollte sowohl sicher und effizient wie auch wirtschaftlich und nachhaltig sein. Die Wissenschaft erweist sich hier als nützlicher Kompass, der gerade in politisch stürmischen Zeiten die möglichen und zugleich besten Richtungen zur Gestaltung des Energiesystems anzuzeigen vermag.

Ralph Eichler
Präsident der ETH Zürich

Inhalt

3 Editorial

Blitzlicht

6 Buch zum Klimawandel



Bildband und spannende Lektüre in einem: Das neue ETH-Buch zum Klimawandel

Kompakt

8 Nachrichten aus der ETH

Am Puls

10 Der Fall Gubrist



Was macht Tunneleinfahrten so gefährlich? Warum kommt es dort so häufig zu Crashes? ETH-Forscher suchen mithilfe eines Fahrsimulators nach Antworten.

IMPRESSUM

Herausgeber: ETH Zürich. Redaktion: Hochschulkommunikation, Thomas Langholz (Leitung), Martina Märki, Christine Heidemann. Mitarbeit: Anna-Katharina Ehlert, Bernd Müller, Philippe Neidhart, Catarina Pietschmann, Peter Rüegg, Samuel Schläfli, Norbert Staub, Simone Ulmer, Klaus Wilhelm, Felix Würsten. Fotos: Titelbild: Paula Troxler, Jürg Waldmeier. Inserate: Go! Uni-Werbung, St. Gallen, Tel. 071 244 10 10, E-Mail info@go-uni.com. Gestaltung: Crafft Kommunikation AG, Zürich. Korrektorat und Druck: Swisprinters Zürich AG. Auflage: 23000, erscheint viermal jährlich. Weitere Infos und Kontakt: www.ethz.ch/ethglobe, ethglobe@hk.ethz.ch, Tel. 044 632 42 52. ISSN 1661-9323. Adressänderungen an ethglobe@hk.ethz.ch



ETH Globe wird klimaneutral gedruckt mit myclimate.

Fokus: Energie-Zukunft

14 Wie geht es jetzt weiter?



Nach Fukushima ist die Energiedebatte aktueller denn je. Zwei ETH-Forscher und ein Fachmann aus der Wirtschaft diskutieren darüber, welche Chancen und Probleme ein Energie-Umstieg mit sich bringt.

20 Optionen ohne Kernenergie

Ein Positionspapier aus der ETH

21 Alternative aus der Tiefe

Die neuen Pläne der ETH zum Ausbau der Tiefen-Geothermie

22 Photovoltaik, die mehr bringt



Wie Forscher mit Nanomaterialien die Stromausbeute aus der Sonne steigern wollen.

25 Biosprit mit Pilzen

Pilze, Hefen und Co.: Neue Treibstoffe für eine klimaverträgliche Energie

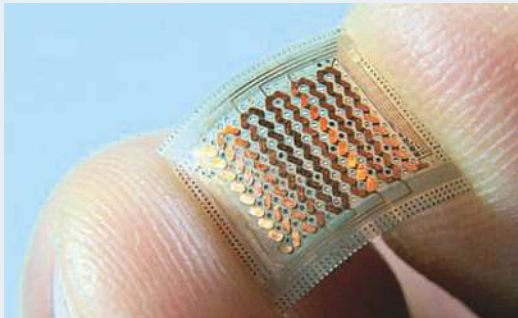
28 **Mit wenig Energie unterwegs**

Über Muschelschalen und Knochenbrüche zum Auto der Zukunft

31 **Häuser mit Hirn**

Wie Häuser dank cleverer Steuerung zu Energiewundern werden

34 **ETH-Spin-offs**



Energieforschung – acht Mal erfolgreich umgesetzt

Kompakt

36 **Nachrichten aus der ETH**

ETH Aktuell

38 **Partner für Nanoforschung**



Matthias Kaiserswerth und Roland Siegwart über das neue gemeinsame Nano-Labor von IBM und ETH

Serie

40 **Von Rinderwahnsinn lernen**

Profil

42 **Quantenphysikerin
Ursula Keller**



Erfolgreich in der Männerwelt

Nachgefragt

45 **Das FuturICT-Projekt**

ETH Zürich Foundation

46 **Starthilfe für Talente**

Historie

48 **50 Jahre Biomechanik**



Von Handständen, Weltraumflügen und Knochenjobs

Kolumne

50 **Theisohts Welt**



Ein Bild der Zerstörung: El Reno, Oklahoma,
nach Durchzug des Tornados am 25. Mai 2011.
(Bild: Getty Images)



Klimawandel in Wort und Bild

Der Klimawandel ist eine der grössten Herausforderungen unserer Zeit. Doch Laien fällt es schwer, sich ein adäquates Bild von den Mechanismen hinter dem Klimawandel zu machen. Das Buch «Mensch Klima! Wer bestimmt die Zukunft?» durchleuchtet das Thema in seiner ganzen Komplexität mit Texten zu Themen wie Klimageschichte, -system, -folgen und -politik. Mitherausgeber des Buchprojekts ist René Schwarzenbach, emeritierter Professor und Delegierter für Nachhaltigkeit der ETH Zürich. Für die wissenschaftliche Korrektheit der Inhalte waren acht Klimawissenschaftler, vorwiegend von der ETH Zürich, verantwortlich.

Den Zugang zu den einzelnen Facetten des Klimawandels eröffnen zahlreiche mehrseitige Bildserien. Sie zeigen die Schönheit der Erde, Spuren von historischen Klimaveränderungen und menschlichen Eingriffen sowie die damit verursachten Narben und Ereignisse. Letzteres ist besonders eindrücklich: Die Bildredaktion hat Fotos von 24 Extremwetterereignissen zusammengetragen – darunter Sturzfluten in Frankreich, Hitzewellen in China, Waldbrände in Russland und Hochwasser in Pakistan –, die sich allesamt im vergangenen Jahr ereignet haben. Von insgesamt 950 Naturkatastrophen im Jahr 2010 sind neun Zehntel durch wetterbedingte Ereignisse verursacht worden.

Dennoch will «Mensch Klima! Wer bestimmt die Zukunft?» kein Weltuntergangsbuch sein. Über die Dokumentation hinaus skizzieren die Autoren nämlich auch Möglichkeiten, wie jeder Einzelne einen Beitrag für ein «besseres» Klima leisten kann.

«Mensch Klima! Wer bestimmt die Zukunft?», Lars Müller Publishers 2011, ISBN: 9783037782446, 65.00 CHF

Anden-Viagra hilft Zuchtbullen



Potente Knolle: Maca aus den peruanischen Anden.
(Bild: Nicole Locher / ETH Zürich)

Maca aus den peruanischen Anden, auch Anden-Viagra oder Anden-Ginseng genannt, gilt als Aphrodisiakum, das die Libido verbessert und die Manneskraft steigert. Auch soll es gut für die körperliche Leistungsfähigkeit und die Psyche sein.

Tatsache ist: Maca enthält zahlreiche bioaktive Stoffe, darunter das Macaen und die Macamide. Doch was ist dran an der potenzsteigernden Wirkung dieses Gewächses, das ursprünglich nur in den peruanischen Anden auf rund 4000 Metern über dem Meer vorgekommen ist?

Tiernahrungsspezialisten der ETH Zürich testeten die Wunderknolle *Lepidium meyenii*. «Die Libido beim Tier steigert Maca eben gerade nicht», winkt Michael Kreuzer, Professor für Tierernährung an der ETH, ab. Das zeigen Versuche, die seine ehemalige

Doktorandin Céline Clément in Zusammenarbeit mit Swissgenetics an Zuchtbullen durchführte, deren Spermienqualität mangelhaft war. Die Zusatzfütterung von Maca kann aber die Bildung von bewegungsfähigen Spermien anregen und ausserdem die Spermienzahl erhöhen. Überdies nahm die Zahl von Samenzellen mit DNS-Defekten ab.

Allerdings ist Maca nicht gleich Maca: Von der Pflanze gibt es viele Farbvarianten. Bei Pflanzversuchen in Peru fand Céline Clément heraus, dass es neben der Farbvariante wesentlich ist, auf welcher Höhe und welchem Boden Maca wächst, damit die Pflanze einen möglichst hohen Gehalt an dem ihr eigenen Macaen und den Macamiden aufbaut. Nur Maca, das auf rund 4000 Meter wächst, kann diese Pflanzenstoffe bilden. Auch Maca, das auf ausgelaugten Böden wuchs, fehlten diese charakteristischen Inhaltsstoffe.

Nicht nur Zuchtunternehmen sind an Maca-Inhaltsstoffen interessiert. Auch Firmen, die Maca-Produkte im Reformhaus verkaufen wollen, wittern ein gutes Geschäft. So gibt es Bemühungen, die Inhaltsstoffe der Pflanze synthetisch herzustellen und das Maca-Genom zu patentieren. ETH-Professor Michael Kreuzer befürchtet deshalb, dass den Anden-Bauern dadurch ein wichtiges Zusatzeinkommen entgehen könnte.

ETH-Neubau für Medizintechnik

Die ETH Zürich plant ein neues Forschungsgebäude, das zum Zentrum für Medizintechnik werden soll. Aus 69 Architekturbüros, die Interesse bekundeten, wurden 15 ausgewählt, um ein Projekt auszuarbeiten. Gewonnen hat nun das Projekt AMMONIT des Zürcher Büros «Boltshauser Architekten».

Das Siegerprojekt spielt mit den Formen der Nachbarbauten. Die Fassade ist durch Glasbausteine, die viel Licht ins Gebäude lassen, geprägt. Zentrales Element des Projekts ist der Innenhof, der zum Treffpunkt für Studierende, Lehrende und Forschende werden soll. Mit den Vorbereitungsarbeiten wird im Herbst 2013 begonnen.



So soll das neue Gebäude an der Gloriastrasse aussehen.
(Bild: ETH Zürich)

ETH-Professor wird Bundesamtsdirektor



Bernard Lehmann, Professor am Departement Agrar- und Lebensmittelwissenschaften.
(Bild: ETH Zürich)

ETH-Professor Bernard Lehmann wurde vom Bundesrat zum neuen Direktor des Bundesamts für Landwirtschaft (BLW) ernannt. Lehmann wird damit die künftige Landwirtschaftspolitik der Schweiz mitprägen und unter anderem die landwirtschaftlichen Forschungsanstalten des Bundes leiten. Bernard Lehmann ist seit zwei Jahrzehnten ordentlicher ETH-Professor am Departement Agrar- und Lebensmittelwissenschaften (D-AGRL) und leitet die Gruppe «Agri-food &

Agri-environmental Economics Group». Er tritt sein neues Amt am 1. Juli 2011 an und wird dem BLW und Agroscope, dem Verbund der fünf Agrarforschungsanstalten des Bundes, neue Impulse verleihen können. Das BLW ist das Kompetenzzentrum des Bundes für den Agrarsektor. Es gestaltet die nationale Agrarpolitik mit und setzt sie im Interesse einer nachhaltigen Land- und Ernährungswirtschaft um.

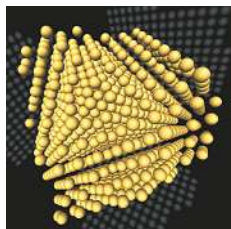
Strom gegen Entzündungen

Einem Patienten Strom auf die Titanschraube seines Zahnimplantats zu leiten, erinnert an Folter. Doch die richtige Dosis Strom lässt Bakterien absterben. Wenige Milliampere reichen aus. Das zeigten die Experimente, die Dirk Mohn im Rahmen seiner Doktorarbeit bei ETH-Professor Wendelin Stark vom Institut für Chemie- und Bioingenieurwissenschaften in Zusammenarbeit mit Thomas Imfeld, Professor am Zentrum für Zahnmedizin der Uni Zürich, durchgeführt hat. Die Zahl der Zahnimplantate in Europa und den USA ist stark gestiegen. Bei etwa zehn Prozent der Implantate treten Probleme auf. Ziel der Forscher war es, ein nicht invasives Verfahren zu entwickeln, um Entzündungen effizient und schonend zu behandeln. Als Kieferersatz nutzen die Wissenschaftler ein mit physiologischer Kochsalzlösung hergestelltes Gelatinepräparat. In dieses platzierten die Forscher Titanium-Implantate, die sie zuvor mit einem Bakterienfilm aus Escherichia-Coli-Bakterien beschichteten. Im Experiment dient für den Stromfluss ein Implantat als Kathode und eines als Anode. Die Implantate werden für 15 Minuten Stromstärken zwischen 0 und 10 Milliampere ausgesetzt. Die Elektrolyse führt dazu, dass Wassermoleküle an der Kathode in Hydroxid-Ionen zerlegt werden und der pH-Wert steigt. An der Anode sinkt der pH-Wert, es entstehen stark oxydative Substanzen wie Chlor. Diese Substanzen haben eine desinfizierende Wirkung. Die Versuchsreihen zeigen, dass bei den als Anode fungierenden Implantaten nach einer fünfzehnminütigen Behandlung mit einer Stromstärke von weniger als zehn Milliampere 99 Prozent der Bakterien abgetötet werden.



Zahnimplantate können Infektionen verursachen. (Bild: Randi-Shooters / flickr)

Atomstruktur von Nanoteilchen



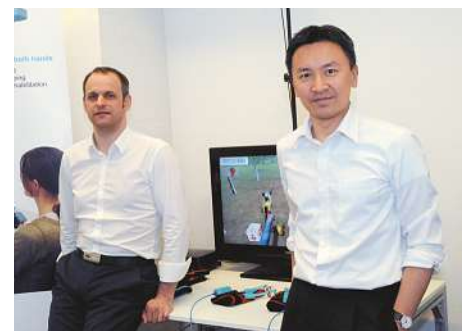
Darstellung von Atomen, die einen rund zwei Nanometer grossen Silberpartikel bilden. (Bild: ETH Zürich)

Die exakte 3-D-Struktur, die atomare Anordnung und speziell auch die Oberflächenbeschaffenheit von Nanoteilchen bestimmen deren chemische und physikalische Eigenschaften. In einer neuen Studie, die von der ETH-Wissenschaftlerin Marta D. Rossell aus der Gruppe von Markus Niederberger, Professor am Institut für Multifunctional Materials, und dem Empa-Forscher Rolf Erni initiiert wurde, gelang es nun erstmals, die dreidimensionale Struktur von einzelnen Nanoteilchen auf atomarer

Basis zu bestimmen. Nanoteilchen haben chemisch betrachtet andere Eigenschaften als ihre «grossen Schwestern und Brüder»: Sie haben im Verhältnis zu ihrer winzigen Masse eine sehr grosse Oberfläche und gleichzeitig eine geringe Anzahl von Atomen. Dadurch kann es etwa zu Quanteneffekten kommen, die zu veränderten Materialeigenschaften führen. Beispielsweise lässt sich aus Nanomaterialien hergestellte Keramik plötzlich verbiegen, oder ein Goldnugget ist goldfarben, während ein Nanosplitter davon rötlich ist. Bis anhin sind die Auswirkungen dieser veränderten Eigenschaften auf lebende Organismen nur wenig erforscht. Das neue Verfahren könnte in Zukunft dazu beitragen, die Beschaffenheit von Nanoteilchen, inklusive deren Reaktivität und Toxizität, besser zu verstehen.

ZKB-Pionierpreis für Jungunternehmer

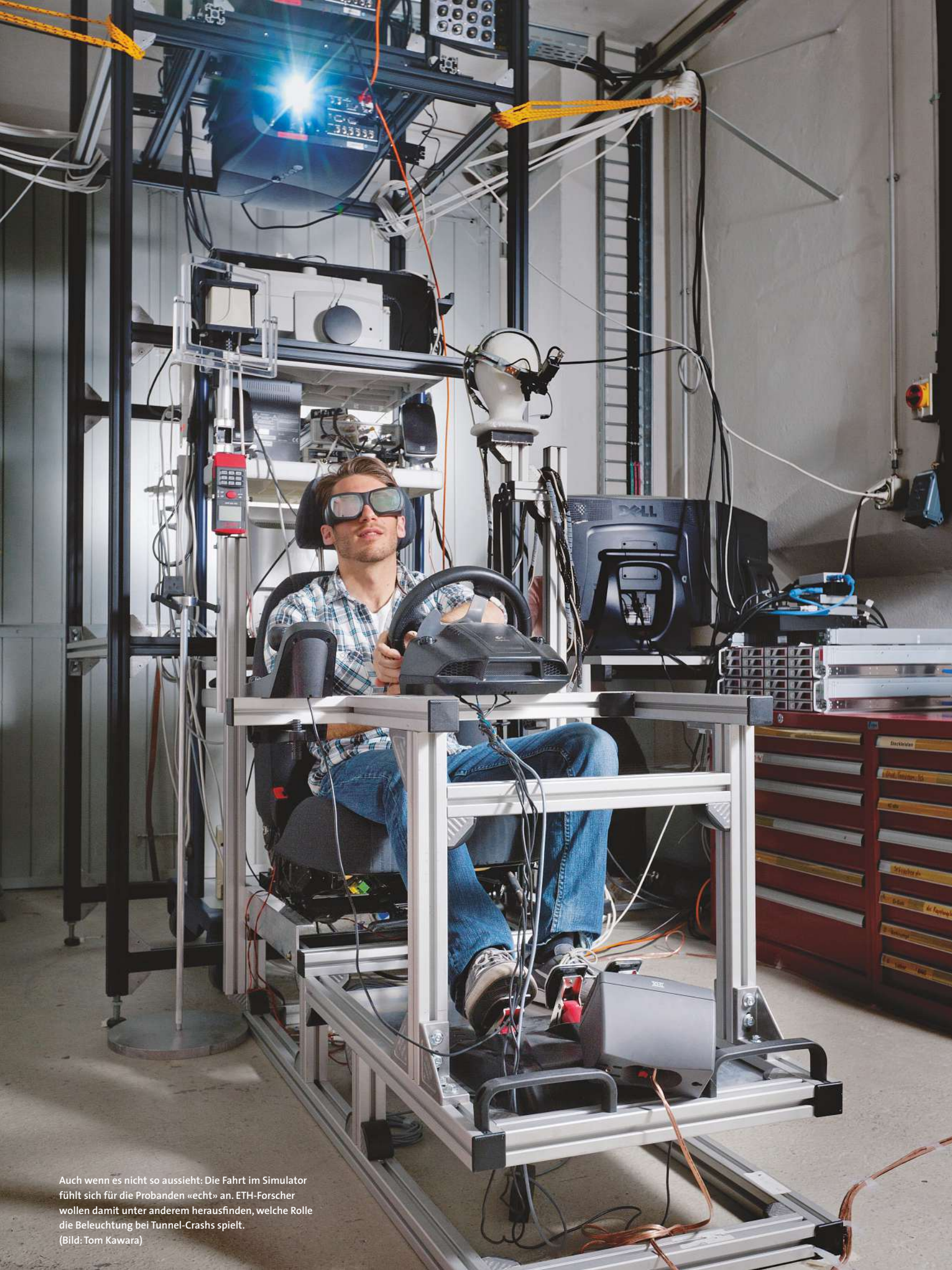
Mit dem computergestützten Therapiesystem des ETH-Spin-offs «YouRehab» kommt die Ergotherapie im digitalen Zeitalter an: Zwei mit Sensoren bestückte Handschuhe, ein Bildschirm mit aufgesetzter Infrarotkamera und Computerspielen sollen Schlaganfall-Patienten mit Lähmungen eine effektive Ergänzung zu herkömmlichen Therapien bieten. Für das vielversprechende System erhielt das Jungunternehmen kürzlich den ZKB-Pionierpreis. YouRehabs Rehabilitationssystem basiert auf einer Beobachtung aus den 60er-Jahren: Forscher haben bei Experimenten mit Affen herausgefunden, dass die Gehirnareale, die für die Steuerung von Extremitäten verantwortlich sind, auch durch Beobachtung von Bewegungen bei anderen oder durch Filmaufnahmen aktiviert werden. Das macht sich YouRehab zunutze: Über die Sensoren an den Handschuhen können Patienten zwei virtuelle Arme auf dem Bildschirm steuern und damit unterschiedliche Aufgaben erfüllen. Zum Beispiel Karotten greifen, diese in Körbe ablegen



Kynan Eng (r) und Oliver Ullmann vom Spin-off «YouRehab» mit ihrem Therapiesystem für Schlaganfall-Patienten. (Bild: ETH Life)

und gleichzeitig hungrige Hasen durch Faustschläge abwehren. Obwohl die Hand nicht bewegt wird, lernt sie gemäss Theorie motorisch dazu.

Die ersten Studien sind vielversprechend: Patienten, die während eines Monats drei- bis fünfmal wöchentlich 45 Minuten spielten, zeigten Fortschritte, nachdem die herkömmlichen Therapieformen seit Jahren zu keinen Verbesserungen mehr führten.



Auch wenn es nicht so aussieht: Die Fahrt im Simulator fühlt sich für die Probanden «echt» an. ETH-Forscher wollen damit unter anderem herausfinden, welche Rolle die Beleuchtung bei Tunnel-Crashes spielt.
(Bild: Tom Kawara)

Der Fall Gubrist

Was macht Tunnelleinfahrten so gefährlich? Warum kracht es dort so häufig? Mit einem speziell aufgerüsteten Fahrsimulator testen ETH-Wissenschaftler die Aufmerksamkeit und Reaktion von Autofahrern in Tunneln – und liefern damit Polizisten und Tunnelbauern wertvolle Hinweise.

Christine Heidemann

Hauptmann Marc Neracher von der Kantonspolizei Zürich hofft auf eine heisse Spur. Der entscheidende Hinweis soll von der ETH Zürich kommen. Konkret von Marino Menozzi vom Departement Management, Technologie und Ökonomie. Es geht um die Aufklärung eines Falls, der die Kantonspolizei seit Jahren umtreibt: Was macht den Gubristtunnel so gefährlich? Warum passieren dort im Vergleich mehr Unfälle als in anderen Tunneln im Grossraum Zürich?

«Ganz klar», werden jetzt viele Leser sagen, die tagtäglich im Gubristtunnel im Stau stehen, «weil das Verkehrsaufkommen zu hoch ist!» Schliesslich rauschen seit Eröffnung der Westumfahrung Zürich im Jahr 2009 fünf Prozent mehr Autos durch den Tunnel als zuvor. Vor allem in der Röhre von St. Gallen in Richtung Bern häufen sich die Unfälle, berichtet Marc Neracher. Und zwar genau 50 bis 100 Meter nach der Einfahrt. Eine Tatsache, die der Polizist nicht nur auf das hohe Verkehrsaufkommen zurückführt: «Wir haben eine Vermutung, dass die Beleuchtung einen Einfluss auf die Sicherheit in Tunneln hat.»

So sei im Gubristtunnel zwischen 1992 und 1994 die Beleuchtung schrittweise reduziert worden – womit die Unfallhäufigkeit zunahm. «Sie korrelierte mit der Abdunkelung.» Zwar ist der Tunnel mittlerweile wieder heller, doch sucht der Chef der Verkehrstechnischen Abteilung der Kantonspolizei noch immer

nach einem wissenschaftlichen Beweis für seine Licht-These.

Um diesen zu liefern, rüsten Marino Menozzi und seine Doktorandin Ying-Yin Huang gerade einen gängigen Fahrsimulator für eine Tunnelleinfahrt auf. In einem kleinen Laborraum im Institut für Innovations- und Technologiemanagement der ETH sollen darin künftig Probanden in einen auf eine Leinwand projizierten Tunnel fahren.

Dabei interessieren sich die ETH-Forscher nicht für die allgemeinen Fahrkünste der Probanden, sondern dafür, wie schnell sich das visuelle System der Testfahrer an die unterschiedlichen Lichtverhältnisse zwischen draussen und drinnen anpasst. Wie realistisch die Probanden während dieser sogenannten Adaptionszeit die Geschwindigkeit des voranfahrenden Fahrzeugs und den Abstand zum Vordermann einschätzen. Und ob sie Objekte wie Schilder oder Gegenstände auf der Fahrbahn noch rechtzeitig wahrnehmen.

Sonne, heller Beton und Alter

«Wenn der Leuchtdichteunterschied sehr gross ist zwischen draussen und drinnen, sieht man einen Moment lang im Tunnel nichts», weiss Marc Neracher. Vor allem, wenn dem Fahrer draussen noch die Sonne ins Gesicht scheine, fahre er buchstäblich in ein schwarzes Loch. «Dann nehmen viele Leute Tempo raus und es kommt zum Stau.» Oder zu einem Auffahrungs-

fall, mitunter sogar zu einer Massenkarambolage – im Gubrist keine Seltenheit.

Doch nicht nur die Sonne macht den Fahrern zu schaffen, sondern auch der architektonische Trend, den Beton der Tunnel immer heller zu gestalten, sagt Marino Menozzi. So haben der ETH-Forscher und sein Team an Tunnelleinfahrten, wie etwa an der Westseite des Üetliberg-Tunnels bei Zürich, um die Mittagszeit Leuchtdichten von 14 000 Candela pro Quadratmeter gemessen. Das entspricht dem Zwei- bis Vierfachen der Leuchtdichte haushaltsüblicher Neonröhren. Nur wenige Meter weiter im Tunnel sind es dagegen nur noch 15 bis 50 Candela pro Quadratmeter. «Da ist das visuelle System ganz schön gefordert», so Menozzi.

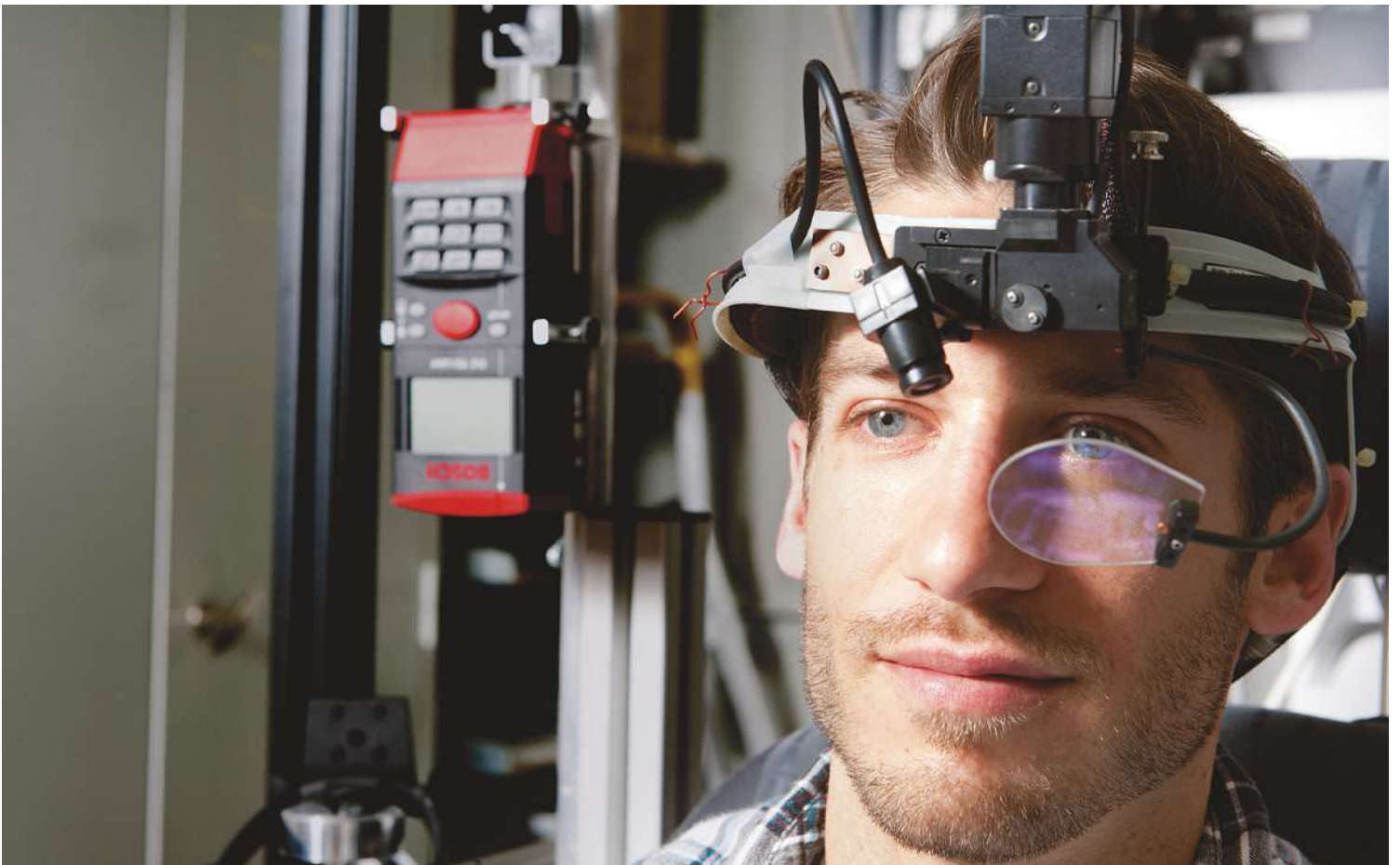
Das gleiche Phänomen findet sich an der Tunnelausfahrt. Allerdings wirken sich die Leuchtdichtesprünge, wie es im Fachjargon heisst, zwischen drinnen und draussen dort nicht ganz so stark aus wie an der Einfahrt. Dennoch: Vor allem älteren Verkehrsteilnehmern bereitet die Tunnelfahrt Probleme, erklärt der Wissenschaftler. «Wenn ein 20-Jähriger 100 Prozent Lichtbedarf hat, hat ein 40-Jähriger 130 und ein 55-Jähriger 160 Prozent.» Gleichzeitig nimmt die Empfindlichkeit gegenüber Blendung mit dem Alter zu.

Bis ans Limit

Im Moment sind die Forscher noch dabei, mit ersten Testfahrern auszutüfteln, wie stark sie die Probanden blenden müssen und wie viele Fahrer gebraucht werden, um repräsentative Ergebnisse zu erzielen. Denn der Test darf nicht zu leicht, aber auch nicht zu schwer sein. Marino Menozzi peilt im Versuch Leuchtdichtesprünge von 20 000 auf zehn Candela pro Quadratmeter an. «Wir müssen in jedem Fall ans Limit gehen, um eindeutige Effekte zu sehen», sagt der Wissenschaftler – und gibt einen ersten Einblick in seine geplante Versuchsreihe.



Eine Massenkarambolage im Gubristtunnel – womöglich nicht nur eine Folge des hohen Verkehrsaufkommens, wie die Kantonspolizei vermutet. (Bild: Kantonspolizei Zürich)



Mit einer speziellen Vorrichtung messen die Wissenschaftler die Pupillengröße sowie die Ausrichtung von Kopf und Augen ihrer Testfahrer. (Bild: Tom Kawara)

Vorbereitet hat der Forscher einen Test, mit dem er herausfinden möchte, wie sich die Anpassung an unterschiedliche Lichtverhältnisse auf die visuelle Wahrnehmung von Autofahrern auswirkt. Dazu bittet er einen Probanden in den Fahrersitz seines nagelneuen Simulators. Dort soll dieser zunächst nichts weiter tun, als auf die vor ihm aufgebaute Leinwand schauen. Darauf präsentiert ihm Marino Menozzi mit zwei Projektoren, ganz wie im Kino, eine Fahrt durch Zürich. Zunächst allerdings noch ohne Tunnel, aber mit eingebauten Blitzen, die den Fahrer blenden und ablenken. Genauso wie es Sonnenstrahlen oder helle Wände an der Einfahrt eines Tunnels tun.

Gleichzeitig wird ein Pfeil eingeblendet. Der zeigt in jene Richtung, in der kurz darauf ein zweiter Pfeil erscheint. Aufgabe der Testperson ist es nun, blitzschnell zu entscheiden, ob der zweite Pfeil in die gleiche Richtung weist wie der erste oder nicht und die jeweilige Richtung mit einem Tastendruck zu bestätigen.

Das hört sich leicht an, ist es aber nicht. Denn der zweite Pfeil erscheint für gerade mal 200 Millisekunden und könnte zum Beispiel ein Kotflügel oder Koffer auf der Fahrbahn sein – ein Objekt, dem ein Fahrer ausweichen können muss, selbst wenn er von starkem Sonnenlicht geblendet in eine dunkle Röhre fährt. «Wir werden den Test mit und ohne Blendung sowie mit verschiedenen Blendungsstärken machen, um zu sehen, ab wann ein Fahrer deutliche Probleme bekommt.»

Selbst Pupillen werden erfasst

Sobald die Vortests abgeschlossen sind, werden die Probanden im Simulator dann auch eigenhändig in einen Tunnel fahren, wobei neben ihnen Scheinwerfer auf einer Schiene auf- und abfahren und die Fahrer zum richtigen Zeitpunkt blenden. Denn die Scheinwerfer sind synchronisiert mit dem virtuellen Abstand des Fahrzeugs zum Tunnelleingang. Durch die Force-Feedback-Einheit im Lenkrad und die im Sitz eingebauten Vibratoren werden die Testfahrer zugleich auch jede Kurve und jede Unebenheit spüren. Vom Gefühl her ist also alles so wie bei einer richtigen Autofahrt. Etwas ungewohnt dürfte lediglich die

Messvorrichtung auf dem Kopf sein, mit der Marino Menozzi und Ying-Yin Huang die Pupillengrösse sowie die Ausrichtung der Augen und des Kopfes erfassen wollen, um genau zu wissen, wo ein Autofahrer hinschaut, wenn er in einen Tunnel fährt. Auch die Bremspedale und die Lenkradstellung werden von den Forschern überwacht, um die Reaktionszeit der Probanden zu messen.

Aber Marino Menozzi interessiert sich nicht nur für Tunnelfahrten. Er untersucht auch die Aufmerksamkeit von Autofahrern unter Alkohol- oder Medikamenteneinfluss. Dazu haben sich der Forscher und einige seiner Mitarbeiter sogar selbst als Testpersonen zur Verfügung gestellt – und bis zur Promillegrenze von 0,5 Gin getrunken. «Natürlich nach Feierabend», betont Menozzi. Leicht angetrunken, haben die Wissenschaftler dann einen ähnlichen Test wie den oben beschriebenen mit den Pfeilen durchgeführt. Dabei zeigte sich: Der Trainingseffekt, also die Erfahrung, überschattet den Einfluss des Alkohols auf die Reaktionszeit. Dagegen verschlechtert sich die Aufmerksamkeit deutlich. Die Forscher konnten die Testzeichen nicht mehr so gut erkennen wie in nüchternem Zustand. Auch diese Erkenntnisse der ETH-Forscher könnten für Marc Neracher und seine Kollegen von der Kantonspolizei interessant sein, wenn es darum geht, die Fahreignung einer Person noch besser überprüfen zu können.

Gleiches gilt laut Menozzi für die Fahrtauglichkeit und generell die Arbeitstauglichkeit unter Medikamenteneinfluss. «Personen, die zum Beispiel regelmässig Blutdrucksenker nehmen, weisen eine reduzierte Aufmerksamkeitsleistung im peripheren Gesichtsfeld auf, was mit dem Tunnelsehen bei erhöhter Geschwindigkeit vergleichbar ist.»

Wohin mit den Infos?

In einem zukünftigen Projekt möchte Marino Menozzi mit dem Fahrsimulator zudem untersuchen, wo und wie Autofahrer Informationen von Navigations- und Kollisionswarnsystemen am besten wahrnehmen können. Denn der Trend geht in Richtung 3-D-Darstellung auf der Windschutzscheibe. Wie stark darf die reale

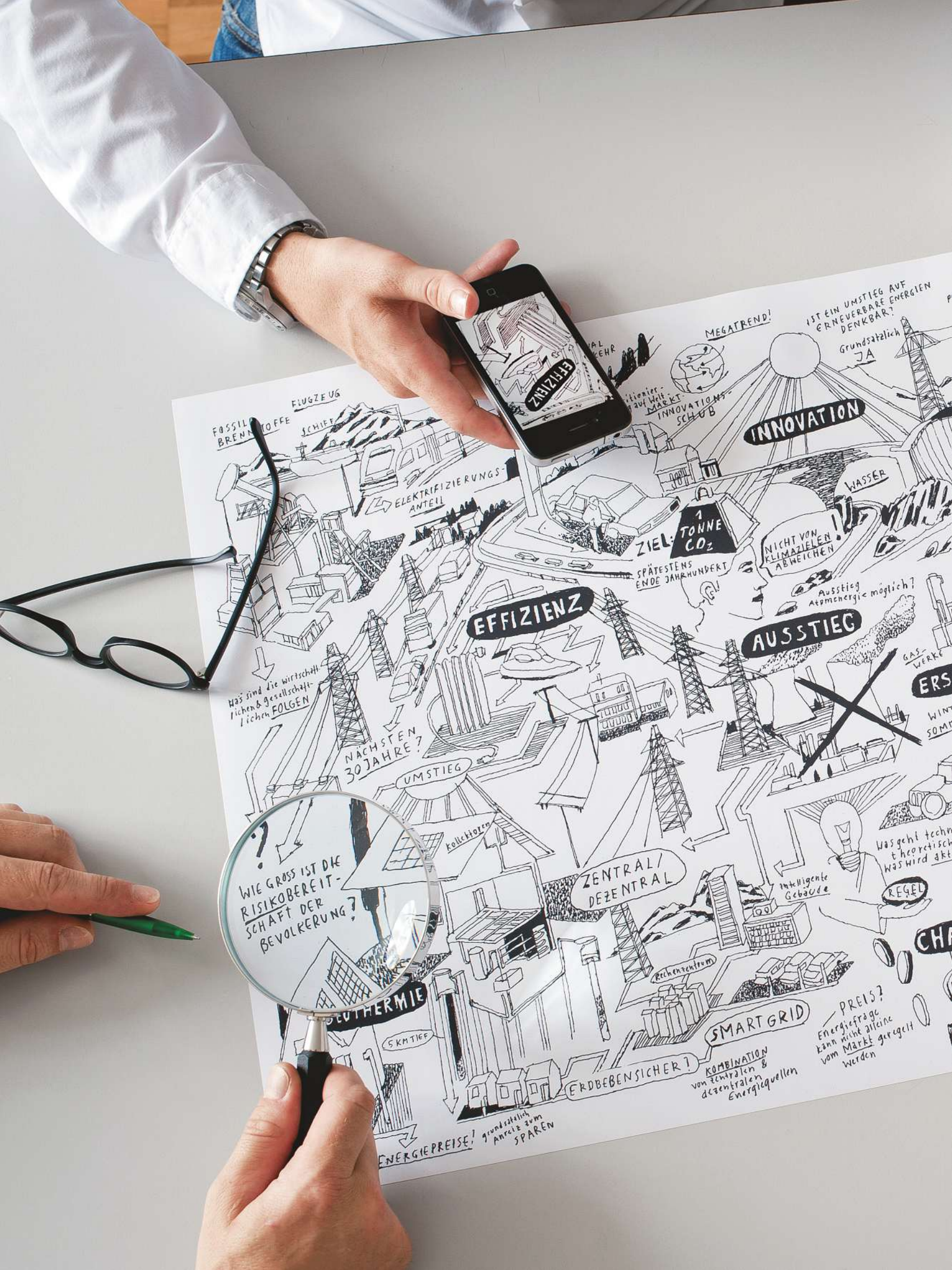


Helle Betonwände können Autofahrer bei der Einfahrt in einen Tunnel blenden. (Bild: Tom Kawara)

Situation durch künstliche Informationen überdeckt werden? Sollen nur Symbole angezeigt werden oder sind zusätzlich verbale Ansagen hilfreich? Was stört, was lenkt ab? Dazu will der Forscher seinen Probanden 3-D-Brillen aufsetzen und messen, wie gut sie bei einer Autofahrt auf die eingeblendeten Informationen reagieren.

Hauptmann Neracher darf sich also auf eine Menge hilfreicher Daten aus der ETH Zürich freuen – mit denen er nicht nur den Fall Guibrüst lösen könnte. Auch wenn ihm der besonders am Herzen liegt: «Wenn wir mehr über die Adaptionszeit in Tunneln wissen, können wir entsprechend reagieren.» Zum Beispiel hellere oder grössere Signale aufstellen. Durch zusätzliche Lichter am Boden die Fahrspuren sichtbar machen. Oder das Tunnelportal anders gestalten. Marc Neracher hätte einige Lösungen parat, wenn sich sein Verdacht bestätigen sollte – nämlich, dass die Lichtverhältnisse eine gewisse Rolle spielen, wenn es in Tunneln häufig kracht.

→ www.mtec.ethz.ch



FLUGZEUG
FOSซิล
BRENNSTOFFE
SCHIFF

ELEKTROFIZIERUNGS-
ANTEIL

MEGATREND!

IST EIN UMSTIEG AUF
ERNEUERBARE ENERGIEN
DENKBAR?
Grundsätzlich
JA

INNOVATION

ZIEL: 1
Tonne
CO₂
SPÄTESTENS
ENDE JAHRHUNDERT

NICHT VON
KLIMAZIELEN
ABWEICHEN!

Ausstieg
Atomenergie möglich?

AUSSTIEG

EFFIZIENZ

Was sind die wirtschaft-
lichen & gesellschaft-
lichen FOLGEN

NÄCHSTEN
30 JAHRE?

UMSTIEG

WIE GROSS IST DIE
RISIKOBEREIT-
SCHAFT DER
BEVÖLKERUNG?

ZENTRAL/
DEZENTRAL

GEOTHERMIE

SKM TIEF

ERDBEBENSICHER!

SMART GRID

KOMBINATION
von zentralen &
dezentralen
Energiequellen

PREIS?
Energiefrage
kann nicht alleine
vom Markt geregelt
werden

ENERGIEPREISE! grundätzlich
Anreiz zum
SPAREN

GAS-
WERKE

ERS

WINT
SOMM

REGEL

CHA

Was geht techn
& theoretisch
Was wird akt

Intelligente
Gebäude

Rechenzentrum

WASSER

WASSER

WASSER

WASSER

WASSER

Energie: Zukunft beginnt heute



Nach Fukushima ist die Energiedebatte aktueller denn je. Experten aus dem Energy Science Center der ETH Zürich diskutieren: Wie könnte eine nachhaltige Energiezukunft der Schweiz aussehen? Welche Probleme und Chancen bringt der Umstieg auf erneuerbare Energien?

Gesprächsleitung: Martina Märki und Christine Heidemann

PHOTOVOLTAIK

EFFIZIENZ

CHANCE!



Lucas Bretschger ist Professor für Ressourcenökonomie am Departement Management, Technologie und Ökonomie der ETH Zürich. Er untersucht den langfristigen Zusammenhang zwischen Ressourcenverbrauch und Wirtschaftswachstum unter dem Gesichtspunkt der nachhaltigen Entwicklung.



Tony Kaiser promovierte in Physikalischer Chemie und war bei der Alstom (Schweiz) AG verantwortlich für die langfristigen Technologieprogramme im Kraftwerksbereich. Heute ist er Senior Consultant bei der Consenec AG. Ausserdem ist er Präsident der Eidgenössischen Energieforschungskommission CORE.



Konstantinos Boulouchos ist Professor am Institut für Energietechnik und Vorsteher des Leitungsausschusses des Energy Science Center (ESC) der ETH Zürich. Das Energy Science Center fördert die interdisziplinäre Zusammenarbeit im Energiebereich.

Die Erdbebenkatastrophe in Japan und der damit verbundene Reaktorunfall haben auch in der Schweiz die Weichen in der Energiedebatte neu gestellt. Warum wurde der Ausstieg aus der Kernenergie in der Schweiz nun für viele denkbar?

Tony Kaiser: Was in Japan geschehen ist und was wir in Folge dieser Ereignisse auch hier festgestellt haben, passt nicht zu all den Wahrscheinlichkeitsüberlegungen, die in Bezug auf die Sicherheit von Atomkraft weltweit angestellt wurden, und zu den Beteuerungen, die wir immer wieder gehört haben. Auch in der Schweiz sind jetzt einige Fakten über die Situation unserer Kernkraftwerke auf den Tisch gekommen, die die Öffentlichkeit bisher nicht kannte. Deshalb ist die Debatte über den Atomausstieg sinnvoll. Ich erwarte langfristig, dass die Menschheit Technologien findet, die

beispielsweise die Sonnenenergie besser ausnutzen als heute. Für mich ist ein Ausstieg langfristig jedenfalls denkbar.

Lucas Bretschger: Mir gefällt die Kategorie «denkbar». Wir müssen jetzt vieles neu überdenken, und wir müssen langfristig rational planen können. In der Presse war in letzter Zeit viel die Rede davon, was möglich ist und was nicht. Dieser Begriff gefällt mir weniger. Möglich ist eigentlich fast alles. Wir können im Prinzip unsere Energieströme laufend anpassen – die Frage ist einfach, was sind die wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Folgen.

Vor allem über die wirtschaftlichen Folgen des Atomausstiegs wird ja viel diskutiert. Was wissen wir eigentlich darüber?

Bretschger: Wenn die Leute sagen, ein Atomausstieg ist möglich oder nicht möglich, dann vertreten sie die Meinung, die eine Variante sei

mit sehr hohen Kosten verbunden und die andere mit sehr tiefen. Diese Behauptungen sind aber oft nicht wirklich belegt. Unser Ziel ist, solche Aussagen zu prüfen und herauszufinden, wo die Kosten tatsächlich sehr hoch sind und wo sie tatsächlich tiefer sind, als heute in der Debatte behauptet.

Herr Boulouchos, was sagen Sie als Techniker: Sind die entscheidenden Fragen wirklich wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Natur?

Konstantinos Boulouchos: Ich möchte Herrn Bretschger beipflichten: Technisch möglich ist fast alles. Entscheidend ist, wie wir die Chancen, Kosten und Risiken jeder Technologie bewerten. Diese Diskussion müssen wir mit der Gesellschaft führen. In diesem Zusammenhang ist natürlich auch die Frage nach den Kosten eines Atomausstiegs berechtigt. Wir betrachten in der Energiestrategie, die wir an der

ERSATZ

TIEFEN- GEOTHERMIE

ETH entwickelt haben, die Zeitpunkte 2020, 2030 und 2050 als kurz-, mittel- und langfristig. Für diese Zeiträume stellen wir uns die Frage, welche Technologien realisierbar sind und wie sich die Kosten entwickeln werden. Hier kommt wesentlich die Politik ins Spiel. Denn die Frage der Kosten und der Preise ist wesentlich durch die Politik mitbestimmt.

Wenn wir in so langen Zeiträumen denken – warum ist es wichtig, die Debatte schon heute zu führen?

Boulouchos: Der jetzige Zeitpunkt ist gut geeignet, um ganz unvoreingenommen zu überlegen, wie wir die nächsten 30 Jahre gestalten. Dies ist auch die Zeitspanne, in der normalerweise Investitionen für grosse Kraftwerke amortisiert werden. Wenn wir in diesem Zeitraum einen Atomausstieg realisieren wollen, dann sollten wir jetzt gezielt darauf hinarbeiten.

Vertreter der grossen Energielieferanten argumentieren heute, wenn keine neuen Kernkraftwerke gebaut würden, dann seien mehrere Gaskraftwerke als Ersatz notwendig. Ist das sinnvoll?

Boulouchos: Im Moment ist die Debatte sehr aufgeregt, und es werden von allen Seiten Zahlen herumgeboten. Die einen sagen, es ist alles ganz einfach machbar, die anderen drohen damit, dass die Energiepreise sich vervielfachen und wollen gleich zwölf oder 15 Gaskraftwerke. Zunächst einmal ändert sich aber in den nächsten Jahren eigentlich gar nichts, zumindest nicht vor dem Jahr 2020. Insofern kann man die ganze Situation auch etwas gelassener betrachten. Gaskraftwerke sind relativ schnell realisierbar.

Lässt sich das klimapolitisch vertreten?

Boulouchos: An der ETH Zürich plädieren wir dafür, Gaskraftwerke erst dann zu installieren, wenn wir gleichzeitig das CO₂ abtrennen und lagern können. Oder zumindest Gaskraftwerke zu installieren, die für diese Technologie vorbereitet sind. Es läuft gerade ein grosses Projekt an der ETH und weiteren Hochschulen zum Thema CO₂-Lagerung in der Schweiz. In mei-

nen Augen gibt es mittelfristig eine Chance für solche Gaskraftwerke. Das wäre dann auch nicht allzu kapitalintensiv, und man kann sie flexibel zu- und abschalten, um Spitzenauslastungen auszugleichen.

Kaiser: Gebaut werden kann so ein Kraftwerk innerhalb von zwei bis drei Jahren. Möglich ist eine CO₂-Lagerung im Untergrund. Solche Anlagen mit CO₂ aus der Erdgasförderung sind schon seit über zehn Jahren in Betrieb. Man lagert beispielsweise CO₂ unterhalb des Meeresbodens in der Nordsee. Man kann CO₂ auch unter Druck in flüssigem Zustand in Pipelines transportieren. Technisch ist das also bereits erprobt. Was wir aber nicht wissen, ist, wie die Akzeptanz für eine CO₂-Lagerung hier in der Schweizer Bevölkerung ist.

Boulouchos: Wir brauchen mindestens zehn Jahre, um von kleinen Probebohrungen bis zu gesicherten Erkenntnissen über Lagerungs-

sich unter der Erdoberfläche abspielen soll. Das haben auch Erfahrungen in anderen europäischen Ländern gezeigt. Theoretisch besteht hier aber ein grosses Potenzial zur Energiegewinnung, das erforscht werden sollte. Deshalb will die ETH ja auch weitere Professuren auf diesem Gebiet schaffen.

Bretschger: Wichtig ist aber auch, dass wir noch verstärkt systemisch denken. Letztlich wird es ein Mix aus vielen Technologien sein, die das Energieproblem lösen helfen.

Verfechter der erneuerbaren Energien gehen davon aus, dass bis 2035 20 Prozent des heutigen Stromverbrauchs der Schweiz durch Solarstrom gedeckt werden könnten. Insgesamt könnten 20 Terawattstunden (TWh) durch erneuerbare Energien geschaffen werden. Damit wäre die Stromlücke gedeckt. Ist das realistisch?

Kaiser: 20 TWh durch erneuerbare Energien ohne Wasserkraft ist sicher nicht unrealistisch. Auch 10 TWh durch Photovoltaik sehe ich durchaus. Die Frage ist eher, gelingt es bis 2035 oder fünf bis zehn Jahre später. Das hängt sehr

«Wenn man die wahren Kosten der Energieformen berücksichtigt, dürfen die erneuerbaren Energien auch mehr kosten.» *Tony Kaiser*

möglichkeiten zu kommen. Deshalb ist es wichtig, dass wir jetzt mit dem Dialog mit der Bevölkerung und mit den entsprechenden Forschungen, zum Beispiel Probebohrungen im Mittelland, anfangen. Andererseits sind wir nicht zwingend auf diese Technologie angewiesen. Wir könnten Gaskraftwerke nur als kurzfristige Überbrückungsmöglichkeit einsetzen und statt dessen noch stärker auf Energieeffizienz und erneuerbare Energien setzen.

Wie steht es um andere Optionen zur Energiegewinnung? Eine weitere Variante, die derzeit stark diskutiert wird, ist ja die Tiefen-Geothermie.

Boulouchos: Wir sehen auch hier, dass die Menschen eher unsicher auf alles reagieren, was

von den Kosten der Photovoltaik ab und ob wir uns durchringen, nicht nur Dächer, sondern auch Freiflächen mit Solarpanelen zu bestücken.

Boulouchos: Es gibt ja schon den sehr interessanten Ansatz, Lawinenüberbauungen für Photovoltaik-Anlagen zu nutzen ... Es reicht aber nicht, einfach zu sagen, wir brauchen so und so viele TWh, und wenn die Summe der Einzelleistungen der einzelnen erneuerbaren Energien dort hinkommt, dann klappt. Die Situation in Bezug auf Wasserkraft und Sonnenenergie ist in der Schweiz je nach Jahreszeit ja sehr unterschiedlich. Im Sommer wird die Situation entspannter sein, im Winter schwieriger.

Im Winter hätten wir demnach ein Problem?

Boulouchos: Wenn wir systemisch denken,

KOSTEN?

geht das. Denn im Winter helfen uns eben die Biomasse, die Geothermie und für eine Übergangszeit wenige Gaskraftwerke.

Das klingt aber nicht ganz einfach.

Boulouchos: Richtig. Die Elektrizitätsunternehmen müssen das Problem der Integration von unterschiedlichen Energieformen und Bereitstellungsqualitäten lösen, und das ist erst einmal mit Kosten verbunden.

Kaiser: Das ist für mich nicht nur eine Frage des Preises der neuen Technologien. Man muss dagegen auch die wahren Kosten der Alternativen, also die CO₂-Problematik bei Gaskraftwerken oder die Risiken der Atomenergie berücksichtigen. Dann würde ein ganz neues ökonomisches Bild entstehen, und dann dürften die erneuerbaren Energien auch mehr kosten.

Was sagen Sie als Wirtschaftsexperte zu diesen Überlegungen, Herr Bretschger?

Bretschger: Das sind wichtige Überlegungen. Auf der anderen Seite muss man klar sehen, dass auf den Märkten der Preis entscheidet.

«Eine nachhaltige Energiepolitik ist zwar nicht gratis, aber die Schweiz kann sich weiter gut entwickeln.» *Lucas Bretschger*

Der Preis gibt vor, wie die Leute handeln. Ideal wäre natürlich, wenn die Preise die wahren Kosten widerspiegeln würden. Diese Kostenwahrheit haben wir bisher auch beim Klima und dem CO₂ nicht erreicht. Energie war generell einfach zu billig. Wir haben es uns bewusst geleistet, die externen Kosten unseres Energiekonsums zu vernachlässigen, und wir haben zudem eine Marktstruktur, die dies zulässt.

Kaiser: Man muss Rahmenbedingungen im Markt schaffen, die dafür sorgen, dass man nicht schmutzige Technologie verkaufen kann

und damit billiger ist als die Konkurrenz. Das ist zum Beispiel durch Vorschriften möglich. Vor 60 Jahren konnten Kohlekraftwerke das Abgas unbehandelt rauslassen, bis man gemerkt hat, dass Smog, saurer Regen und kranke Leute die Folge sind. Im Laufe der Jahre hat man immer neue Gesetze geschaffen, damit neue, sauberere Technologien zur Rauchgasreinigung eingesetzt werden mussten. Und diese Technologien waren durchaus auch teurer – aber gerechtfertigt durch ein höheres Prinzip, den Schutz der Gesundheit und der Natur.

Dann liegt jetzt der Ball weiterhin bei der Politik?

Bretschger: Der Staat spielt eine grosse Rolle. Der Energiemarkt ist eben kein vollständig freier Markt. Wir sind uns ja einig: Im Prinzip sollten wir in eine Richtung gehen, die höhere Preise vorgibt, aber höhere Preise werden nicht gerne akzeptiert. Möglicherweise akzeptieren wir den Weg über Vorschriften eher.

Kann sich die Schweiz höhere Energiepreise leisten?

Bretschger: Die Befürchtung ist gross, dass unsere Wettbewerbsfähigkeit leiden könnte, wenn unsere Energiepreise steigen. Unsere Berechnungen zeigen dagegen, dass höhere Energiepreise sicher nicht ganz ohne Auswirkungen

auf die Wirtschaft wären, dass sie aber auch keine Katastrophe darstellen. Wir haben gegenwärtig relativ günstige Preise, verglichen mit dem Ausland. Bei einer sehr ambitionierten Energiepolitik könnte sich diese Situation ändern. Höhere Energiepreise wären wirtschaftlich sicher nicht der Untergang. Aber es gäbe einen etwas verschärfteren Strukturwandel.

Was genau bedeutet das?

Bretschger: Wie bei jedem Strukturwandel wür-

de es Gewinner und Verlierer geben, wobei die Verluste lediglich in einem etwas geringeren Wachstum bestehen, das immer noch positiv sein wird. Obwohl die Situation objektiv gesehen nicht so dramatisch wäre, empfinden die Verlierer ihre Zurückstufung sehr stark. Die politische Diskussion ist von dieser Haltung geprägt. Deshalb melden sich vor allem die potenziellen Verlierer lautstark.

Gegner der Energiewende sagen, die Strompreise werden um ein Mehrfaches steigen ...

Kaiser: Es gäbe ja auch Möglichkeiten, hier Gegensteuer zu geben, zum Beispiel, indem man die Rabatte für Grosskonsumenten abschafft. Es macht heute keinen Sinn, den Energieverbrauch mit Rabatten zu belohnen. Man müsste Stromproduzenten vielmehr Anreize geben, die effiziente Nutzung des verkauften Stroms zu belohnen. Ich glaube, dass wir gerade bei der Entwicklung solcher Geschäftsmodelle noch nicht genügend Phantasie entwickelt haben.

Boulouchos: Wir sollten auch daran denken, dass durch Vorschriften oder Effizienzvorgaben eine enorme Innovationskraft ausgelöst werden kann. Wir sehen das am Beispiel der Mobilität. Für Autos sind in den letzten 30 Jahren im Fünfjahresrhythmus Vorschriften zur Verringerung der Emissionen erlassen worden, und die Automobilindustrie hat ein enormes Potenzial gezeigt. Hier haben die Vorgaben auch volkswirtschaftlich viel bewegt: Eine neue dynamische Wirtschaftsbranche entstand und damit auch neue KMUs.

Gibt es Schätzungen darüber, was eine primär auf erneuerbaren Energien basierende Energiepolitik an Innovationskraft auslösen würde?

Bretschger: Wir haben langfristige Berechnungen für die Schweiz gemacht. Dabei zeigt sich, dass eine scharfe Klimapolitik zwar nicht gratis ist, aber wir können uns weiterhin sehr gut entwickeln. Das gilt in der Schweiz, aber auch für weitere Länder. Und man hat schon in der Vergangenheit festgestellt, dass man gerade da, wo der Kostendruck hoch ist, besonders erfinderisch ist.

AUSSTIEG

BIOKRAFT-
WERKE

INNOVATION

Kaiser: Ich glaube allerdings, dass hier noch Forschungsbedarf besteht. Vieles, was zum Thema Chancen gesagt wird, ist vorerst Behauptung. Aber letztlich erwarten alle, dass eine Situation mit entsprechenden Vorschriften, die nur noch saubere Technologien im Markt zulassen, sehr viele Innovationen auslösen würde.

Dass sich mit einer Energiewende Chancen für gewisse KMUs ergeben, leuchtet ein. Doch wie steht es mit den grossen Konzernen?

Kaiser: Auch ein Konzern wie Alstom muss im Bereich der Erneuerbaren reagieren. Wir sind neben der Wasserkraft jetzt im Windgeschäft, wir verkaufen solarthermische Kraftwerke, wir haben Prototypen für Gezeitenkraftwerke entwickelt ... Auch wenn es etwas länger dauert, bis Grosskonzerne reagieren: Sie müssen reagieren, weil sie im Geschäft bleiben wollen.

Bretschger: Die Wahrscheinlichkeit ist derzeit gross, dass der globale Trend rasch in Richtung erneuerbare Energien geht – und zwar nicht nur in der Schweiz – und dass es weltweit einen Technologiewettbewerb gibt. Wir können tatsächlich von einem Megatrend sprechen, der in Richtung Erneuerbare zielt.

Warum tut sich die Gesellschaft dann mit dem Entscheid nicht leichter?

Boulouchos: Weil die alte Situation sehr bequem ist. Das Geschäft läuft, und wir bekommen genügend Strom aus der Steckdose – also müssen wir uns eigentlich gar nichts überlegen. Der Umstieg in Richtung nachhaltige Energien mit sehr wenig CO₂ braucht die Bereitschaft der Gesellschaft mitzudenken. Deshalb braucht es kontinuierliche Entscheidungen vonseiten der Politik und einen intensiven Meinungs austausch. Das ist eine Riesenchance für eine Demokratie, aber auch eine Herausforderung.

Kaiser: Wir bräuchten einen Energie-Trialog für die ganze Schweiz!

Bretschger: Nötig ist aber auch ein Umdenken einzelner Akteure in der Verwaltung. Wenn wir heute noch Solarpaneele auf Scheunendächern verhindern oder wenn es dafür jahrelange Bewilligungsverfahren braucht, dann ist das einfach nicht mehr zeitgemäss.

Ist das Zusammenspiel der Akteure in der Schweiz schon gut genug?

Boulouchos: Die Ziele sind ehrgeizig. Denn auch unter den Bedingungen eines Atomausstiegs gelten die CO₂-Ziele ohne Abstriche. Damit es die Schweiz schafft, bis 2050 70 Prozent weniger Treibhausgase zu produzieren, müssen wir mit der Gesellschaft gemeinsam entscheiden, wie wir vorgehen sollen. Ausserdem brauchen wir nicht nur einen Dialog, sondern ein konstantes Monitoring der Situation.

Kaiser: Ich sehe noch Verbesserungspotenzial in der Politik. Die Politiker und Interessenvertreter müssten die Partikularinteressen noch mehr zurückstellen und noch mehr ans Gesamtwohl des Landes denken.

Bretschger: Weiterhin ist eine starke Führung durch die Regierung bei solchen Themen hilfreich. Gut finde ich die interdepartementale Arbeitsgruppe zu Energiefragen, wo Energieforschung und Politikstrategien, Szenarien und Massnahmen gemeinsam bearbeitet werden. Und das in einem Projekt und aus einer gewissen Gesamtschau heraus. Für die Wissenschaft würde ich mir wünschen, dass man ihr noch offener Daten zur Verfügung stellt. Wir haben ausserdem in der kleinen Schweiz das Problem, dass im Energiebereich viel Expertenwissen von Interessenvertretern beige-steuert wird. Da bräuchten wir noch bessere «Checks and Balances».

Ist die Wissenschaft genügend am Diskussionsprozess beteiligt?

Boulouchos: Unser Wissen ist gefragt, und das ist sehr motivierend. Andererseits müssen wir uns davor hüten, Partikularinteressen zu vertreten. Wir müssen uns also auch selbst immer wieder fragen, wie wir den Dialog untereinander, zwischen verschiedenen Hochschulen und mit Politik und Gesellschaft organisieren. Und wie wir es schaffen, unter-

schiedliche Meinungen, die ja zum Wissenschaftsprozess gehören, zu präsentieren, ohne die Öffentlichkeit zu verwirren.

Kaiser: Da ist in meinen Augen das Energy Science Center ein sehr guter Ausgangspunkt. Hier ist der Ort, die Meinung vieler zusammen-

«Technisch möglich ist fast alles. Entscheidend ist, wie wir die Chancen, Kosten und Risiken bewerten.» *Konstantinos Boulouchos*

zubringen und zu diskutieren, sich im Prozess zu einigen und das gemeinsam Erarbeitete als Basis der Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen. Ich wünsche mir, dass wir vier oder fünf Forschungsthemen national noch etwas koordinierter angehen. Ich plädiere für eine konzertierte Aktion der Schweizer Wissenschaft in der Energieforschung.

Boulouchos: Wir sind tatsächlich dabei, einen Nationalen Forschungsschwerpunkt Energie zu organisieren. Wir brauchen etwas wie einen Navigator: etwas, das Wissen produziert, bündelt und nach aussen trägt. Aber bei den einzelnen Forschungsgebieten sollte man nicht zu enge Vorgaben machen, um unerwartete Chancen nicht zu verpassen.



Optionen für eine Zukunft ohne Kernenergie

Energieforscher der ETH Zürich haben Optionen für die langfristige Gestaltung der Schweizer Energielandschaft ohne Kernenergie untersucht und bereiten dazu ein Positionspapier vor. Drei Szenarien beleuchten die Chancen und Probleme des Ausstiegs. Der gestaffelte Umstieg auf erneuerbare Energien ist in den nächsten Jahrzehnten machbar, stellt aber eine Herausforderung für Wissenschaft und Gesellschaft dar.

Martina Märki

Die Ereignisse in Fukushima und die Debatte um den Atomausstieg in der Schweiz veranlasste Vertreter des Energy Science Center der ETH Zürich mit Unterstützung des ETH-Präsidenten Ralph Eichler, ein Positionspapier zu entwickeln, in dem die Optionen für eine Zukunft ohne Kernenergie beleuchtet werden. Die Arbeitsgruppe, sieben Professoren aus den Ingenieurwissenschaften, Naturwissenschaften und der Ökonomie, entwickelte ihre Szenarien konsequent gemäss den Klimazielen, die bereits die Energiestrategie der ETH Zürich aus dem Jahr 2008 definiert hatte: Bis zum Ende dieses Jahrhunderts soll jeder Mensch nur noch eine Tonne CO₂ pro Jahr produzieren. Bis zum Jahr 2050 müsste der jährliche inländische CO₂-Ausstoss pro Kopf, der heute in der Schweiz bei über fünf Tonnen liegt, auf anderthalb bis zwei Tonnen reduziert sein. Für ihr aktuelles Positionspapier entwickelten die Forscher aufgrund von Annahmen zur Bevölkerungsentwicklung und zum Wirtschaftswachstum Szenarien für den jährlichen Strombedarf der Schweiz. Sie stellten einem Basis-Szenario mit hohem Strombedarf («Hoch») zwei Alternativen gegenüber: ein Effizienz-Szenario bei durchschnittlichem Wachstum von Bevölkerung und Einkommen («Mittel») sowie ein radikal sparsames Szenario mit geringerem Bevölkerungswachstum («Niedrig»). Folgt die Energiepolitik dem Szenario «Hoch», ist der Atomausstieg sehr schwierig, da der

Strombedarf sehr gross sein wird. Das forcierte Szenario «Niedrig» hingegen würde drastische Massnahmen erfordern und eine stabile bis leicht schrumpfende Bevölkerung voraussetzen. Als ehrgeizig, aber realistisch betrachtet die Arbeitsgruppe das Effizienz-Szenario «Mittel». Alle Szenarien berücksichtigen einen steigenden Strombedarf durch die Umstellung auf CO₂-arme Technologien (Wärmepumpen) im Wärme- und teilweise auch im Verkehrssektor gemäss den Klimazielen.

Eine nachhaltige Energielandschaft

In ihrer Untersuchung unterscheidet die Arbeitsgruppe zwischen Winter- und Sommerhalbjahr und legt Ziele für 2020 (kurz-), 2035 (mittel-) und 2050 (langfristig) fest. Obwohl man im zukünftigen europäischen Elektrizitätsmarkt von intensivem grenzüberschreitendem Stromaustausch ausgeht, wird in der Studie auf eine in etwa ausgeglichene Import-/Exportbilanz der Schweiz im Jahres- und weitgehend im saisonalen Mittel abgestellt. Unterstellt wird schliesslich ein gestaffelter Ausstieg aus der Kernenergie in drei Schritten etwa um 2020, 2030 und 2040.

Die vorläufigen Ergebnisse zeigen klar, dass die Eindämmung des Nachfragewachstums für den Strom, aber auch die Effizienz in der Erbringung von Energiedienstleistungen im Wärme- und Verkehrssektor kurz- bis mittelfristig die wichtigsten Pfeiler sind. Erst ab 2020 kann und

muss man mit einem wesentlichen Ausbau der Stromerzeugung durch neue erneuerbare Energien rechnen. Mittelfristig (2020–2040) wird man auf Gaskraftwerke angewiesen sein, allerdings in unterschiedlichem Mass, je nach Nachfrageentwicklung. Die Abtrennung von CO₂ ist aber eine Voraussetzung dazu. Von den neuen Erneuerbaren ist langfristig das Potenzial der Photovoltaik am grössten. Allerdings stösst deren massiver Ausbau wegen der Regelbarkeit und Stabilität des Netzes an Grenzen. Einen wichtigen Beitrag wird schon bald die dezentrale Strom-, Wärme-, Kälteproduktion vorwiegend durch Biomasse spielen, da sie effizient und sehr flexibel auf den Netzbedarf reagiert und vor allem im Winter sinnvoll ist. Potenzial räumen die Forscher auch der Geothermie ein. In diesem Gebiet ist noch viel Forschung nötig.

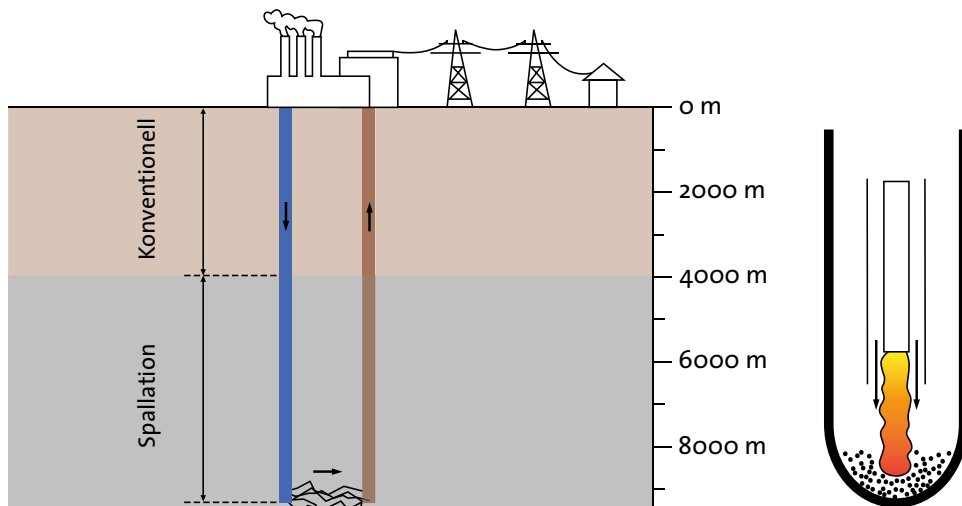
Die Bewertung optimaler Pfade hängt nicht zuletzt von sozioökonomischen Randbedingungen ab. Entsprechend ist die Evaluation der volkswirtschaftlichen Auswirkungen sehr wichtig. Die Arbeiten dafür sind zurzeit im Gang.

Stetige Anpassung

Zentral für einen erfolgreichen Ausstieg aus der Atomenergie sind die intelligente Kombination der einzelnen Energiequellen und die Dialogbereitschaft von Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und Bevölkerung, betont Konstantinos Boulouchos, Leiter des Energy Science Center. «Wir sollten das Energiesystem nicht als etwas Statisches sehen, das mit einem Beschluss ein für allemal geändert wird. Vielmehr geht es darum, eine mögliche Richtung anzugeben und die Massnahmen in stetiger Anpassung flexibel einzusetzen.» Die Wissenschaft könne dafür als Navigationshilfe dienen.

→ www.esc.ethz.ch

Die Chance in der Tiefe



«Spallation Drilling»: Forscher der ETH Zürich entwickeln einen Flammenbohrer, der auch in grosse Tiefen effizienter und damit kostengünstiger vordringen kann. (Bild: Professur Ph. Rudolf von Rohr, ETH Zürich)

Die ETH Zürich möchte gemeinsam mit Wirtschaftspartnern und der ETH Zürich Foundation die Forschung und Lehre im Bereich Energie ausbauen und damit der nachhaltigen Energiezukunft den Weg bereiten. Im Fokus der jüngsten Pläne der ETH steht die Tiefen-Geothermie. Elektrizität ist eine Schlüsselenergie für eine nachhaltige Energiezukunft. Deshalb sucht die ETH Zürich im Rahmen des strategischen Schwerpunktthemas Energie und Klimawandel gezielt nach neuen Möglichkeiten, in diesem Bereich ihre Lehre und Forschung auszubauen.

Neben der Sonne ist die Erde die grösste, praktisch unerschöpfliche Energiequelle, die zur Verfügung steht. Da die klimatischen Bedingungen in der Schweiz die Sonnenkraft beschränken, sehen Energieexperten in der Wärme aus dem Erdinnern, insbesondere in Form der Tiefen-Geothermie, Potenzial für erneuerbare Energie in der Schweiz. Bohrungen in Tiefen von drei, fünf oder gar zehn Kilometern stellen aber heute noch eine technologische und wirtschaftliche Herausforderung dar und sind mit Risiken verbunden, wie beispielsweise Versuche in Basel und Zürich gezeigt haben.

Um das Potenzial der Tiefen-Geothermie nutzen zu können, sind vertieftes Wissen im Bereich der Geologie und Erdbebenrisikoforschung sowie Innovationen in der Bohrtechnik

zentral. Die ETH Zürich deckt heute mit den Erdwissenschaften, dem Schweizerischen Erdbebendienst, mit Maschinenbau und Elektrotechnik bereits wichtige Aspekte der Geothermie beziehungsweise der Tiefen-Geothermie ab. Ausserdem ist sie bereits an gross angelegten Projekten wie dem Projekt GEOTHERM beteiligt.

Diese Aktivitäten sollen nun gezielt im Dienste der Tiefen-Geothermie gebündelt und mit je einer neuen Professur im Bereich Erdwissenschaften und im Bereich Maschinenbau gestärkt werden. Im Fokus der geplanten Professur in den Erdwissenschaften steht die integrierte Untersuchung von geophysikalischen und geochemischen Prozessen in tiefen Erdwärme-Reservoirs. Die neue Maschinenbau-Professur wird wissenschaftliche und technische Grundlagen für den effizienten Bau, den Betrieb und die Integration eines geothermischen Kraftwerks in das Wärme- und Stromnetz erarbeiten. Ausserdem sollen interdisziplinäre Projekte, wie beispielsweise das bestehende GEOTHERM-Projekt, durchgeführt werden. Gemeinsam mit Partnern aus der Wirtschaft sollen Forschung und Lehre in der Tiefen-Geothermie weiter ausgebaut werden.

GEOTHERM:

> www.cces.ethz.ch/projects/nature/geotherm

Saubere Kraftwerke mit CARMA

Gaskraftwerke könnten den Strombedarf bei Bedarfsspitzen decken helfen. Sie sind aber mit herkömmlicher Technologie nicht klimaneutral. Wichtig wäre deshalb die CO₂-Abtrennung und -Lagerung. Im Forschungsprojekt CARMA werden die Möglichkeiten dazu in der Schweiz erforscht und neue Technologien entwickelt. Dabei bezieht das Projekt technische Fragen ebenso mit ein wie Umweltfragen, ökonomische, juristische und gesellschaftliche Aspekte. Am Projekt CARMA sind neben der ETH Zürich auch die ETH Lausanne, das Paul Scherrer Institut, die Universität Bern, die Fachhochschule Nordwestschweiz und weitere Partner beteiligt.

> www.carma.ethz.ch

Schub für Windenergie

Am Labor für Energieumwandlung LEC der ETH Zürich arbeitet die Gruppe Windenergie an der technischen und wirtschaftlichen Optimierung von Windturbinen. Windsimulationen für schwieriges Terrain, ökonomische Berechnungen und kontrollierte Experimente zur technischen Verbesserung von Windanlagen gehören zum Angebot der Gruppe. Mit ihrer Hilfe wird die Energieausbeute von Windfarmen weltweit optimiert und werden Kosten reduziert.

> www.lec.ethz.ch/research/wind_energy

Energiefachleute der Zukunft

Im November startet die Bewerbungsfrist für den Master in Energy Science and Technology (MEST). Der Master der ETH Zürich bietet zukünftigen Energiefachleuten einen einmalig breiten multidisziplinären Einblick in die Energieproduktion und den Energieverbrauch im gesellschaftlichen Zusammenhang. Im zweijährigen Masterstudiengang, der Fragen der elektrischen Energieversorgung, erneuerbare Energien, Mobilität und energieeffizientes Bauen ebenso umfasst wie Fragen der Energieökonomie und Energiepolitik, können die Teilnehmenden ihren individuellen Themenmix selbst bestimmen. Die Studierenden bestimmen mit der Unterstützung eines Tutors ein eigenes Studienprofil, wobei sie aus über 50 energiespezifischen Kursen auswählen können. Eine halbjährige Masterarbeit schliesst den Studiengang ab.

> www.master-energy.ethz.ch

Mehr Ertrag bei der Sonnenernte

Solarzellen wandeln bisher nur wenig Licht in Strom um. Neue Nanomaterialien sollen die Ausbeute deutlich erhöhen. Auch an der Erzeugung von Wasserstoff direkt aus Sonnenlicht arbeiten die Nanoforscher der ETH Zürich.

Bernd Müller

Die Photovoltaik boomt. Immer mehr Solarmodule schimmern auf Dächern, wo sie aus Sonnenlicht Strom erzeugen. Leider sind sie dabei nicht sehr effektiv. Deutlich unter 20 Prozent des Sonnenlichts wandeln handelsübliche Solarzellen in elektrische Energie um, auch wenn in Labors schon Wirkungsgrade jenseits der 30 Prozent erreicht wurden. Forscher in aller Welt arbeiten deshalb unter Hochdruck an Konzepten, die Stromausbeute zu erhöhen. Eine Schlüsseltechnologie könnte dabei die Nanotechnologie spielen. Die Idee: Mit winzigen Strukturen, deutlich kleiner als die Wellenlänge des Lichts, lässt sich die Umwandlung gezielt beeinflussen. Gleich mehrere Wissenschaftler an der ETH Zürich beschäftigen sich mit solchen Konzepten.

Heisse Elektronen

Einer von ihnen ist David Norris, Professor am Departement für Maschinenbau und Verfahrenstechnik. Der Chemiker kam im März 2010 an die ETH, zuvor arbeitete er an der Universität von Minnesota. Mit seinem Team dort hatte er im vergangenen Jahr eine vielbeachtete Arbeit im renommierten Wissenschaftsmagazin «Science» veröffentlicht. Darin beschäftigt sich Norris mit sogenannten heissen Elektronen. Trifft Sonnenlicht auf das Halbleitermaterial, entstehen Ladungsträger – je mehr umso besser, denn dann fliesst ein stärkerer Strom. Das klappt aber nur besonders effektiv mit Licht passender Wellenlänge. Solarzellen erzie-

len nämlich ihre beste Ausbeute bei Wellenlängen um 1000 Nanometer, also mit infrarotem Licht. Ist die Wellenlänge kürzer, wie zum Beispiel beim Tageslicht, entstehen zwar auch Elektronen, doch die haben eine Extraportion Energie, sind also «heiss», wie die Physiker sagen. Das ist schlecht, denn die Ladungsträger kühlen sich innerhalb von wenigen Billionstelsekunden ab und heizen mit ihrer überschüssigen Energie das Solarmodul auf. Das drückt den Wirkungsgrad merklich.

Mit Norris' Methode lassen sich die Elektronen so lange heiss halten, bis sie über das Leitungsgitter die Solarzelle verlassen haben. Dazu nutzte das Team Nanostrukturen aus Bleiselenid in Kombination mit einer Schicht aus Titandioxid. Dieser Trick vergrössert die energetische Bandlücke, die ein Ladungsträger im Halbleitermaterial überspringen muss. Durch die grössere Lücke werden die Elektronen quasi gezwungen, ihre Energie zu behalten, weil sie sonst die Barriere nicht überwinden können. Die Hot-Silizium-Solarzelle wäre die ultimative Solarzelle. «66 Prozent Wirkungsgrad ist das theoretische Limit», sagt David Norris.

Schichten aus Nanokristallen

Der ETH-Forscher hat noch ein weiteres Konzept im Köcher, das auf dem Prinzip der Tandemsolarzelle beruht. Tandemzellen bestehen aus mehreren Halbleiterschichten, die auf verschiedene Wellenlängen abgestimmt sind. So lässt sich mehr Energie des Sonnenlichts nut-

zen. Tandemzellen erreichen bereits Wirkungsgrade von über 40 Prozent, sind aber noch teuer. Billiger könnten die Zellen werden, wenn man statt herkömmlicher Dünnschichttechnologien Schichten aus Nanokristallen übereinanderstapelt. Über die Grösse der Kristalle lässt sich die Empfindlichkeit für verschiedene Wellenlängen des Lichts einstellen. Der Herstellungsprozess wäre einfacher und billiger.

In den Labors von David Norris schaffen solche Nanosolarzellen Wirkungsgrade von drei Prozent – noch zu wenig für eine kommerzielle Anwendung. Doch Norris ist überzeugt, dass zehn Prozent bald erreichbar sind, in Kombination mit herkömmlichen Tandemzellen auch weit höhere Werte. Grösstes Problem: Alle verwendeten Materialien sind selten und giftig. «Wir wollen die Dächer aber nicht mit Gift pflastern», verspricht Norris. Deshalb will der Chemiker versuchen, Nanokristalle aus harmlosen Kolloiden zu züchten.

Glühende Oberfläche

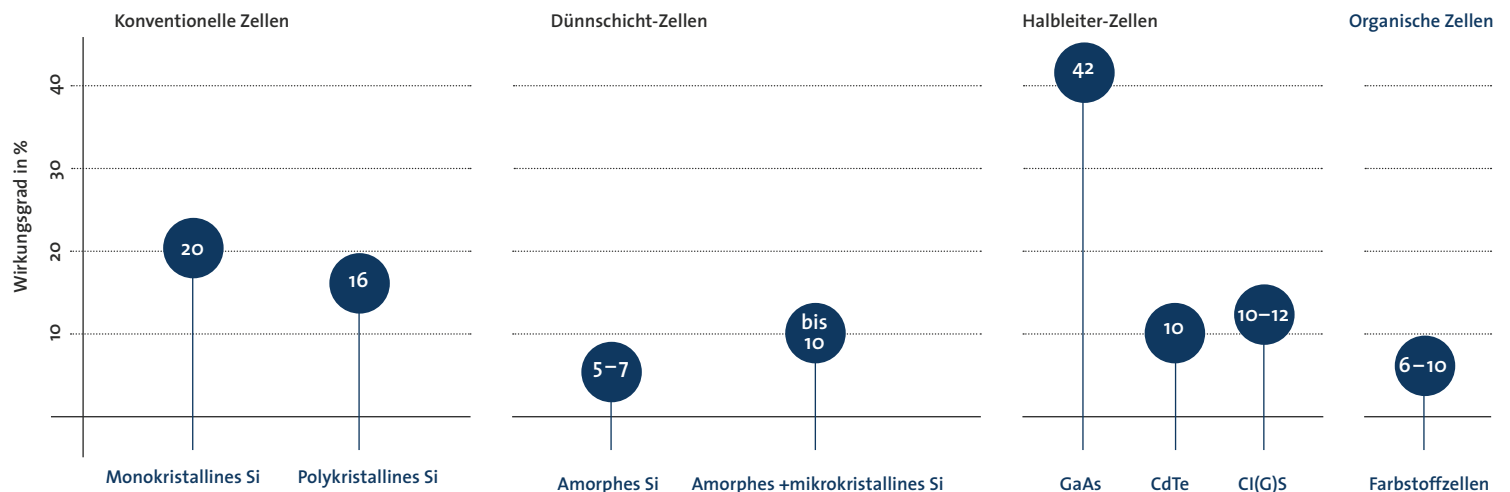
Ein völlig anderer Ansatz, um möglichst das gesamte Sonnenlichtspektrum zu nutzen, ist die thermische Photovoltaik, die seit Jahrzehnten bekannt ist, an der aber kaum geforscht wird. Sonnenlicht wird auf eine Wolfram-Oberfläche fokussiert, die dadurch glüht. Durch Strukturieren der Oberfläche lässt sich die Wellenlänge des Glühlichts einstellen und zwar so, dass eine Solarzelle, die das Licht aufängt, möglichst viel in Strom umwandelt. Solche Module kann man schon kaufen, doch David Norris sieht auch hier noch Verbesserungspotenzial. So sollen Nanomaterialien helfen, die Wellenlänge des Glühlichts noch besser zu justieren.

Bei aller Euphorie über die neuen Möglichkeiten darf man nicht vergessen, dass ein wichtiger limitierender Faktor bei der Ausbeute einer Solarzelle der Abtransport der elektrischen Ladungsträger ist. Ein Teil von ihnen geht



Bekannt, aber bisher kaum erforscht: die thermische Photovoltaik. Dabei wird Sonnenlicht auf eine Metall-Oberfläche (hier eine Silberstruktur unter dem Elektronenmikroskop) fokussiert, die dadurch glüht. ETH-Nanoforscher arbeiten daran, diese Technik zu optimieren. (Bild: David Norris / ETH Zürich)

Wirkungsgrade in der Photovoltaik



Wirkungsgrade (Modulwirkungsgrad) unterschiedlicher Solarzellen-Typen (diverse Quellen).
Im Labor werden teilweise deutlich höhere Wirkungsgrade erzielt.

verloren, noch bevor sie die Zelle verlassen und Licht erzeugen oder Elektromotoren antreiben können. Nanomaterialien mit ihren völlig neuen elektrischen Eigenschaften werden dieses Problem noch verschärfen. Wenig ist zum Beispiel darüber bekannt, wie sich Ladungsträger an der Oberfläche von Nanomaterialien bewegen. Das ist aber wichtig, weil diese Materialien im Verhältnis zu ihrem kleinen Volumen eine sehr grosse Oberfläche haben, im Gegensatz etwa zu einem massiven Siliziumwafer, dem gebräuchlichen Grundbauelement für Solarzellen.

Vanessa Wood möchte Licht in dieses Dunkel bringen. Seit Anfang des Jahres leitet die Professorin die Forschungsgruppe für Nanoelektronik und Nanophotonik am Departement für Informationstechnologie und Elektrotechnik der ETH Zürich. Zuvor untersuchte sie am MIT in den USA nanostrukturierte Kolloid-Suspensionen – also kleinste Teilchen, die zum Beispiel in einer Flüssigkeit verteilt sind – für Energiespeicher. Wood entwickelt neue Techniken, um den Ladungstransport in Nanomaterialien zu untersuchen – «eine grosse Herausforderung, weil sich der Ladungstransport hauptsächlich an Grenzflächen abspielt».

Vanessa Wood arbeitet eng mit Hyung Gyu Park, Professor am Departement für Maschinenbau und Verfahrenstechnik der ETH Zürich, zusammen. Beiträge liefert Jörg Patscheider von der EMPA, einer Forschungseinrichtung des ETH-Verbunds. Gemeinsam haben die Wissenschaftler Fördermittel der ETH erhalten,

um neue Materialien für Elektroden in Solarzellen zu untersuchen. Das Team will untersuchen, wie Licht mit Strukturen wechselwirkt, die so klein sind wie die Wellenlänge des Lichts. Daraus sollen Baupläne für Elektroden entwickelt werden, die aus Kohlenstoffnanoröhrchen oder dem neuen Starmaterial der Nanotechnologie – Graphen – bestehen.

Vorbild Natur

Hyung Gyu Park interessiert sich allerdings nicht nur für die Photovoltaik, also die Umwandlung von Licht in Strom, sondern auch für andere Pfade der Sonnenenergienutzung. Vorbild ist die Natur: Pflanzen wandeln Sonnenlicht in Biomasse um, speichern also die Energie in Form chemischer Bindungen. Wissenschaftler möchten dieses Prinzip nutzen, um Treibstoffe herzustellen, die man in Tanks speichern kann, allerdings ohne den Umweg über die Pflanze, die Wasser und Dünger braucht und teilweise Nahrungsmittelpflanzen verdrängt.

Parks Interesse gilt dem einfachsten Biosprit, dem unter anderem eine grosse Zukunft in Brennstoffzellenautos vorhergesagt wird: Wasserstoff. Er lässt sich allerdings nirgends abbauen, sondern nur künstlich erzeugen, nämlich durch Elektrolyse, bei der Wasser in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt wird. Das ist allerdings nur mit Solarstrom umweltfreundlich. Der Prozess ist verlustreich, weil schon die meiste Sonnenenergie in der Solarzelle verloren geht, der an-

schliessende elektrochemische Prozess kostet ebenfalls Wirkungsgrad. Besser wäre es, wenn man mit Sonnenlicht direkt Wasserstoff produzieren könnte. Hier kommt die Nanotechnologie ins Spiel. Weltweit gibt es Versuche, neue Materialien zur Spaltung von Wasser zu verwenden, zum Beispiel indem man dünne Schichten aus Kohlenstoffnanoröhrchen mit Sonnenlicht bescheint und so die Bindungen im Wassermolekül knackt.

Zu teuer, nicht auf grosstechnische Massstäbe skalierbar – solche Argumente hört Park häufig über sein Forschungsgebiet. Doch der ETH-Wissenschaftler glaubt an das grosse Potenzial der Nanotechnologie: «Die Vereinigung von Nanomaterialien, Nanofabrikation, Metamaterialien und Chemie ist eine grosse Herausforderung, aber auch eine spannende Strategie für die Ernte von Sonnenenergie in den kommenden Jahrzehnten.»

→ www.omel.ethz.ch

→ www.iis.ee.ethz.ch

→ www.mavt.ethz.ch

Sprit für besseres Klima

Biotreibstoffe sollen helfen, den Strassenverkehr umweltfreundlicher zu machen. Doch die bisherigen Konzepte haben diese Hoffnungen nicht erfüllt. Forscher der ETH Zürich arbeiten deshalb an neuen Ideen für eine klimaverträgliche Mobilität.

Bernd Müller

Wie «bio» ist Biosprit? Alternative Treibstoffe sind in Verruf geraten, weil sie längst nicht so gut fürs Klima sind, wie erhofft. Wenn Zuckerrohrfelder für die Gewinnung von Ethanol den Anbau von Nahrungsmittelpflanzen in Regenwaldgebiete verdrängen oder Maisfelder zum gleichen Zweck enorme Mengen Wasser und Düngemittel verschlingen, macht die schlechte Umweltbilanz den Vorteil beim Kohlendioxid ausstoss wieder zunichte. Forscher der ETH Zürich versuchen deshalb gleich an mehreren Fronten, alternative Brennstoffe für den Strassenverkehr zu entwickeln, die wirklich der Umwelt zugutekommen.

Pilze, Hefe, Ethanol

Einer von ihnen ist Michael Studer in der Gruppe von Professor Philipp Rudolf von Rohr am Institut für Verfahrenstechnik der ETH Zürich. Sein Team setzt auf Lignozellulose, um Bioethanol herzustellen. «Wenn Sie aus dem Fenster schauen, sehen Sie überall Lignozellulose», so Studer. Denn das Material mit dem komplizierten Namen ist nichts anderes als Holz, Stroh, Gras – die mit Abstand meiste Biomasse auf der Erde, sogar alte Holzpaletten kann man verwerten.

Die Technik, um aus Lignozellulose biotechnologisch Ethanol zu machen, ist eigentlich schon sehr alt. Pilze produzieren Enzyme, die die feste Lignozellulose in löslichen Zucker umwandeln. In einem weiteren Schritt fermentiert Hefe diesen Zucker zu Ethanol. Für die Verzuckerung und die Fermentation

gibt es heute bereits ein integriertes Verfahren. Prozesstechnisch schwierig und teuer ist die Enzymproduktion, die heute noch separat abläuft. Denn die Pilze benötigen für die Herstellung von Enzymen Sauerstoff, die Hefe darf dagegen während der Fermentation keinen Sauerstoff bekommen, wenn sie Ethanol produzieren soll. Diese sich widersprechenden Anforderungen in einem Prozess zu vereinen, ginge mit gentechnisch modifizierten Bakterien, die Enzyme produzieren und gleichzeitig Ethanol machen. Doch diese Mikroorganismen

sind für einen industriellen Prozess noch nicht stabil genug.

Nur ein Reaktor

Studers Team geht einen anderen Weg, der alle Schritte in einem einzigen Bioreaktor ablaufen lässt, aber mit bekannten und robusten Mikroorganismen auskommt. Der Reaktor enthält eine Membran, die auf einer Seite von Luft überspült wird. Die Sauerstoffmoleküle diffundieren auf die andere Seite, wo sie von den Pilzen aufgenommen werden. Sie bilden einen Biofilm, in dem sie Enzyme produzieren. Die wandern in die Biomassesuspension, verzuckern die Zellulose zu Glukose, die zurück in den Biofilm wandert. Dort siedelt auch die Hefe, die Ethanol herstellt. Vom Sauerstoff bekommt sie nichts ab, weil dieser von den Pilzen verbraucht wird. In einem parallelen Schritt wird das Ethanol über die Membran der Fermentationsbrühe entzogen. Weiterer Vorteil



Mithilfe eines neuen Bioreaktors (hier die 300-Milliliter-Testversion) lässt sich Ethanol einfacher und billiger herstellen. (Bild: Simone Brethauer / ETH Zürich)



Sprit aus der Natur: Eine Membran mit zwei Biofilmen aus Pilzen und Hefen ist das Kernstück des Reaktors, mit dem sich zum Beispiel aus Stroh biotechnologisch Ethanol herstellen lässt. (Bild: Michael Studer / ETH Zürich)

im Vergleich zum alten Verfahren: Der Biofilm haftet an der Membran und würde in einem geplanten kontinuierlichen Prozess nicht aus dem Reaktor ausgewaschen.

Dass die Anlage zumindest in einem 300-Milliliter-Behälter funktioniert, hat das Team bewiesen, und das mit einer Ausbeute von über 90 Prozent des theoretisch möglichen Werts. In einem nächsten Schritt soll die Anlage vergrößert werden und kontinuierlich laufen. Studer ist optimistisch, den Prozess durch geeignete Wahl von Mikroorganismen noch beschleunigen und für höhere Ethanolkonzentrationen optimieren zu können: «Wir suchen gerade die am besten geeigneten Pilz- und Hefestämme.»

Studers Ansatz, nur Biomasse-Abfälle zu nutzen, ist auch ganz im Sinne von Stefanie Hellweg, Professorin am Institut für Umweltingenieurwissenschaften der ETH Zürich. Sie untersucht mit ihren Mitarbeitern die Umweltauswirkungen der landwirtschaftlichen Produktion. Einige für Biosprit in Frage kommende Pflanzen seien unter CO₂-Aspekten etwas besser als Sprit aus Erdöl, bei der Gesamtkobilanz seien aber fast alle schlechter – wobei es besonders auf Ort und Art des Anbaus ankomme. Erste Wahl sollten laut Hellweg deshalb Abfälle wie Gülle, Speiseöl oder Altholz sein. Die Wirtschaftsingenieurin lobt ausdrücklich das Schweizer Gesetz, das eine Steuererleichterung für importierte Biotreibstoffe nur gewährt, wenn eine positive Ökobilanz für die entsprechende Pflanze und den jeweiligen Anbauort nachgewiesen wird. So kann die Ökobilanz für ein und dieselbe Pflanze völlig unterschiedlich ausfallen, zum Beispiel je nachdem ob und wie bewässert wird oder ob eine Landexpansion in ökologisch empfindliche Gebiete stattfindet.

Sonne im Tank

Am besten wäre es natürlich, wenn man Biosprit ganz ohne den Umweg über Pflanzen herstellen könnte, also nur aus Sonnenlicht. Dieses zunächst verblüffende Konzept verfolgt Aldo Steinfeld, Professor für erneuerbare Energieträger an der ETH Zürich und Leiter des Labors für Solartechnik am Paul-Scherrer-Institut (PSI). Ein Solarreaktor wandelt Wasser und Kohlendioxid in ein Synthesegas (Syngas) aus Wasserstoff und Kohlenmonoxid um, das als

Vorstufe für Diesel, Kerosin und andere flüssige Treibstoffe dienen kann. Mit seinem Konzept schlägt das ETH-Team gleich mehrere Fliegen mit einer Klappe: Das Kohlendioxid kann der Luft entzogen werden, die CO₂-Bilanz bei Herstellung und Verbrennung ist neutral. Die flüssigen Treibstoffe lassen sich zudem speichern und verschiffen, so dass die Herstellung in sonnenreichen Gegenden Sinn macht, der Transportweg bliebe der gleiche.

Der Solarreaktor gleicht einem Kochtopf mit einem eingebauten Konzentrador, der das Sonnenlicht so extrem bündelt, dass im Reaktionsbehälter eine Temperatur von 1500 Grad Celsius herrscht. Der enthält Ceriumoxid, das bei dieser enormen Hitze Sauerstoffatome abgibt. In einem zweiten Schritt bei 900 Grad reagieren CO₂ und Wasserdampf mit dem reduzierten Ceriumoxid. Das Ceriumoxid kehrt durch den frei werdenden Sauerstoff wieder in seinen Ausgangszustand zurück, der Kreisprozess beginnt von Neuem. Aus einer Öffnung im Boden des Reaktors fließen das Syngas sowie reiner Sauerstoff. «Dank der hohen Temperaturen kann man mit hohen Reaktionsgeschwindigkeiten solare Treibstoffe herstellen», so Aldo Steinfeld.

Erste Anlage 2020

In einem Simulator am PSI testet das Team derzeit einen 2000-Watt-Reaktor, der eine Strahlungsintensität von 1500 Sonnen erzeugt. Der Umwandlungswirkungsgrad beträgt 0,8 Prozent, was nach weniger klingt, als es ist – herkömmliche photokatalytische Methoden zur CO₂-Spaltung sind zwei Grössenordnungen schlechter. Rechnungen haben ergeben, dass theoretisch ein Wirkungsgrad von 19 Prozent möglich ist. Das Forscherteam von ETH Zürich, PSI, und Caltech hat die Resultate im renommierten amerikanischen Fachmagazin «Science» publiziert. Bis ein Solarreaktor im Megawatt-Bereich einsatzbereit ist und zum Beispiel in Solarturm-Kraftwerken eingebaut werden kann, dauert es aber noch eine Weile. 2020 werde man wohl so weit sein, dass die erste industrielle Solartreibstoff-Anlage in Betrieb gehen könne, hofft Steinfeld. «Damit leisten wir einen zentralen Beitrag zur nachhaltigen Energieerzeugung der Zukunft.»

Nicht nur die Herstellung, auch die Verbrennung von Biosprit entscheidet darüber, wie

umweltfreundlich seine Nutzung ist. Biotreibstoffe haben da gegenüber Treibstoff aus Erdöl einen grossen Vorteil: Ihre Moleküle enthalten mehr Sauerstoff, der im Motor eine bessere Verbrennung mit weniger Russbildung ermöglicht, allerdings nur, wenn die Verteilung des Treibstoff-Luft-Gemisches optimal ist. Mit dieser Optimierung beschäftigt sich Annelies Vandersickel vom Laboratorium für Aerothermochemie und Verbrennungssysteme der ETH Zürich. Sie hat ein Modell entwickelt, das die Verbrennung verschiedener Kraftstoffe simulieren kann, und das bei deutlich verkürzter Rechenzeit von zwei bis 13 Stunden. Zum Vergleich: Bisher dauerten Simulationen komplexer Kraftstoffe selbst auf schnellen Computern mehrere Wochen.

Eine vielversprechende Entwicklung ist laut Vandersickel der sogenannte HCCI-Motor (Homogeneous Charge Compression Ignition), an dem das Institut sowie zahlreiche Automobilhersteller – häufig unter anderen Kürzeln – unter Hochdruck arbeiten. Beim HCCI-Motor wird der Kraftstoff deutlich früher als bei herkömmlichen Motoren eingespritzt. Die Durchmischung wird dadurch homogener, es entsteht weniger Russ und die Verbrennungstemperaturen sinken, was wiederum den Ausstoss von Stickoxiden verringert. Allerdings sinken die Gesamtemissionen nur, wenn der sauerstoffreiche Biosprit im Zentrum des Brennraums bleibt und nicht vor der Zündung zu den Wänden wandert. Das HCCI-Konzept spielt seine Stärken bei geringer Leistung aus, bei hoher Leistung – etwa beim Beschleunigen – muss der Einspritzzeitpunkt wieder nach hinten verlagert werden. Hier werde es variable Übergangskonzepte geben müssen, so Vandersickel: «Motoren, die das HCCI-Verfahren mit klassischen Brennverfahren kombinieren, werden vermutlich nicht viel früher als 2030 auf der Strasse fahren.»

→ www.ipe.ethz.ch/laboratories/ltr

→ www.ifu.ethz.ch/ESD

→ www.pre.ethz.ch

→ www.lav.ethz.ch

Die Federgewichte von morgen

Energiesparen im Verkehr heisst nicht nur weniger, sondern auch «leichter» und effizienter fahren – mithilfe völlig neuartiger Materialien und Konzepte.

Klaus Wilhelm

Was der Energieverbrauch eines Autos mit einer Muschel zu tun haben könnte, weiss Professor André Studart sehr genau. «Das Schalen-Material des Krustentiers ist genial konstruiert», schwärmt der Ingenieur aus der Gruppe für komplexe Materialien der ETH Zürich. Es ist ideales Vorbild für neue robuste und leichte Komposit-Materialien für den Bau von Fahrzeugen aller Art. Mit Betonung auf «leicht». Denn Gewicht zählt, wenn es um den Energieverbrauch von Autos, Lastwagen oder Flugzeugen geht, weiss Peter Uggowitzer, Professor am Departement für Materialwissenschaft, der auf das Design leichter Metallwerkstoffe spezialisiert ist. Die neue Magnesiumlegierung seines Teams wird bereits vom deutschen Automobilhersteller Audi getestet.

Vom Knochen ins Auto

Interessanterweise hatte Peter Uggowitzer keineswegs die Autoindustrie im Sinn, als er mit seinem Team sein aktuelles Top-Produkt konzipierte. Vielmehr suchte die Medizin nach neuen Materialien, die beispielsweise statt Titan oder Stahl in einen gebrochenen Knochen eingepflanzt werden und sich von selbst wieder auflösen. Oder nach Materialien, aus denen Stents gebaut werden, also jene Stützen, die verengte Blutgefässe offen halten sollen. «Da ist Magnesium ein ganz spannender Kandidat», sagt der Professor, «weil das Metall ein natürliches Spurenelement ist und es der Körper problemlos toleriert.» Der Pferdefuss: Magnesium hat natürlicherweise eine Kristallstruktur, die es, rein mechanisch gesehen,

nicht gerade zu einem industriellen Werkstoff prädestiniert. Es ist nicht sehr fest; es lässt sich schlecht verformen; es bricht sehr leicht.

Mit Grips und den Mitteln der Metallphysik haben Peter Uggowitzer und seine Mitarbeiter «völlig losgelöst von zukünftigen Anwendungen» den Werkstoff manipuliert, seine innere Struktur verändert und geeignete Legierungselemente beigemischt.

Längst werden Stents mit Magnesiumlegierungen an Patienten getestet; die klinischen Studien an Menschen mit Knochenbrüchen stehen bevor. Das alles referierte der Zürcher Professor auf Tagungen, an denen Mitarbeiter von Audi teilnahmen. Die Eigenschaften der neuen Legierung überzeugten auch die Autobauer aus Ingolstadt. Kein Wunder: Das spezifische Gewicht von Magnesium ist mit 1,7 Kilogramm pro Liter um ein Kilo geringer als das von Aluminium – bei vergleichbar guten mechanischen Eigenschaften. Mithin könnte das Magnesium-Produkt aus der ETH-Schmiede für tragende Karosserie-Teile geeignet sein. Die jüngst von Audi gestarteten Crash-Tests werden zeigen, ob das Material die Stossenergie eines Unfalls aufnimmt und zäh genug bleibt.

Keine Konkurrenz aus Fernost

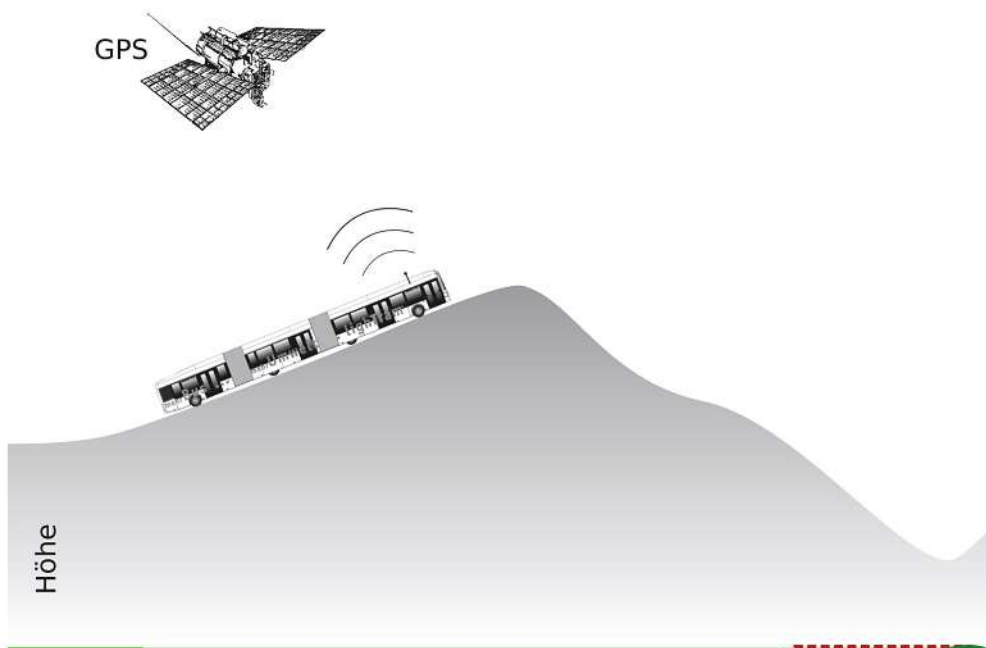
Dass in der Rezeptur der Zürcher Legierung wie in den konkurrierenden Produkten aus Japan keine Metalle der Seltenen Erden auftauchen, stimmt Peter Uggowitzer optimistisch. Denn China hält auf dem Markt der Seltenen Erden das Monopol, was nach jüngsten Erfahrungen

die Preisentwicklung und Verfügbarkeit für Firmen unberechenbar macht. «Diese Unsicherheit», so der ETH-Forscher, «spricht eindeutig für unsere Legierung», die sich nachweislich auch in grossen Mengen leicht herstellen lässt.

Von derlei Produktion im industriellen Massstab sind André Studarts keramische Komposit-Materialien noch fünf bis zehn Jahre entfernt. Doch schon jetzt ist klar: Sie wären nochmals um die Hälfte leichter als die Federgewichte der Aluminiumlegierungen mit vergleichbaren mechanischen Eigenschaften. Die Zukunftsmodelle an der Werkstoff-Front basieren auf, zumindest für Materialwissenschaftler, neuen Prinzipien: nämlich jenen, die biologischen Materialien zugrunde liegen. Selbstredend kennen Experten wie Studart inzwischen die Geheimnisse des biologischen Werkstoff-Designs. In einer organischen Grundsubstanz sind harte anorganische «Plättchen» eingestreut. Erstens haben diese Plättchen eine optimale Form, und sie sind kleiner und zudem stärker als in den üblichen künstlichen Komposit-Werkstoffen, bekannt unter dem Begriff Glasfaser. Vorteil: Kommt es zu einem Riss, wird er nur grösser, wenn an der Bruchstelle bis zu einem bestimmten Ausmass weiter Energie durch Belastung zugeführt wird. Zweitens sind die Plättchen geometrisch so angeordnet, dass dreidimensional nahezu perfekte mechanische Eigenschaften resultieren – in alle Richtungen, in denen das Material belastet wird. Drittens greift die Natur auf ganz besondere Polymere zurück, die aus Glykoproteinen (Eiweissen mit Zuckermolekülen) und aus Zuckermolekülen allein bestehen. Sie verlieren auch in den zuweilen sehr schmalen Spalten zwischen den Plättchen ihre Eigenschaften nicht. Vor allem die Dehnbarkeit des Materials hängt ab von der Stabilität des Polymer in diesen Spalten. Je dehnbarer das Material, desto kleiner das Risiko, dass es reisst.



Dank einer neuartigen, an der ETH entwickelten Magnesiumlegierung (hier eine elektronenoptische Aufnahme) könnten tragende Karosserieteile schon bald deutlich leichter werden. Das Geheimnis: Die Korngrösse ist mindestens zehnmals kleiner als bei marktgängigen Legierungen. (Bild: ETH Zürich)



Die vorausschauende Steuerung der ETH bezieht Streckeninformationen via GPS und betreibt das Fahrzeug schon vor dem Kulminationspunkt mit Energie aus dem Speicher. Im Gegensatz zu einer Strategie ohne Vorschau muss keine Bremsenergie verschwendet werden. Insgesamt wird so weniger Energie verbraucht. (Grafik: Hess AG)

Bislang konstruierte künstliche Polymere reichen qualitativ längst nicht an ihre Vorbilder aus der Natur heran. Allerdings ist es den Zürcher Forschern gelungen, einen Kompositwerkstoff herzustellen, in dem die Dimension der Plättchen offenbar stimmt. Die Plättchen sind aus Aluminiumoxid und haben ein exakt berechnetes Verhältnis aus Länge und Dicke. Sie sind fünfmal stärker als etwa die Kalkplättchen in Muschelschalen.

Alle Tricks der Natur vereinen

Der resultierende Werkstoff ist stark, leicht und dehnbar. «Das ist eine bisher noch nicht gesehene Eigenschaft in einem kommerziellen Werkstoff», wie André Studart betont. Jetzt haben die ETH-Wissenschaftler ein zweites Material gebaut, indem sie den Fokus auf die dreidimensionale Anordnung der Plättchen gelegt haben. Und sie experimentieren bereits mit immer besseren Polymeren. «Am Ende wollen wir alle drei Tricks der Natur in einem einzigen Komposit vereinen», beschreibt der Ingenieur das Fernziel.

Es wäre ein Kunststück, das auch den Bau von erheblich leichteren Bussen ermöglichen könnte. Philipp Elbert vom Institut für Dynamische Systeme und Regelungstechnik hingegen will mit Computer-Programmen den Energieverbrauch in neuen Linienbussen mit Hybrid-

Motor der Hess AG senken. Die Schweizer Firma setzt unter anderem auf ein Modell, in dem der Antrieb zwar allein durch einen Elektromotor erfolgt, der aber durch zwei Systeme mit Strom versorgt wird. Zum einen durch einen Dieselmotor. Er treibt einen Generator an, der Strom zum Fahren erzeugt. Zum anderen durch sogenannte Superkondensatoren. Sie speichern Strom, der aus der frei werdenden Energie beim Bremsen gewonnen wird. «Da kommt durch die grossen Dimensionen von Bussen einiges zusammen», erklärt der Ingenieur.

Zwar haben Superkondensatoren im Vergleich zu Batterien eine geringe Speicherkapazität. Doch können sie viel schneller aufgeladen und entladen werden – was wichtig ist in einem Bus, weil beim Bremsen grosse Energiemengen fließen, die eine Batterie nicht zügig genug speichern würde. Um dieses Hybridsystem aus zwei Komponenten energieeffizient zu steuern, benötigt die Hess AG eine komplizierte Regelungstechnik. Mit der gängigen Steuerungssoftware spart der Hybridbus etwa 15 bis 20 Prozent Energie gegenüber reinen Dieseln. «Unsere Steuerungssoftware kann den Energieverbrauch nochmals um fünf Prozent drücken», sagt Elbert. Das Projekt wird unterstützt von der Kommission für technologische Innovation der Schweiz, KTI.

Das Energiemanagementsystem jedes Linienbusses wird mit Informationen über die zu fahrende Strecke gespeist. Es speichert sozusagen eine 3-D-Landkarte mit Informationen über Steigungen und Gefälle und die Zahl der Haltestellen. Auf dieses Streckenprofil angepasst, lenkt die Software vorausschauend Auf- und Entladung der Superkondensatoren. Beispiel: Schon vor einer Steigung und nicht erst beim «Erklimmen» eines Bergs sollte das Fahrzeug stets mit dem Strom der Superkondensatoren angetrieben werden, damit der Speicher am Kulminationspunkt möglichst leer ist. «Sonst würde unnötig Energie verbraten», betont Elbert. Denn folgt ein abschüssiger Streckenteil, gewinnt das Antriebssystem Strom aus der Bremsenergie, der in den Superkondensatoren «Platz» braucht. Das Energiemanagementsystem definiert zu jedem Zeitpunkt, ob der Dieselmotor oder die Gesamtheit der Superkondensatoren eine bestimmte Energiemenge aufnimmt oder abgibt.

Die Forscher wollen auch die Grösse der Superkondensatoren den Streckenprofilen anpassen. Auf bergigen Strecken bedeuten mehr Speicher mehr Energieersparnis. Auf flachen, weniger bremsintensiven Strecken hingegen bedeuten weniger Speicher weniger Gewicht – mit dem damit verbundenen Energiespareffekt. «Wir unterscheiden sozusagen zwischen Flachland- und Bergfahrzeugen», sagt Elbert. «Unser Institut liefert systematische Methoden, um genau abzuschätzen, wo sich der Einbau eines weiteren Speichers lohnt und wo nicht.» Das ist auch wirtschaftlich wichtig. Denn die Superkondensatoren sind teuer. Stichwort Geld: Durch das Energiemanagement-System der ETH entstehen kaum Mehrkosten. Elbert: «Die fünf Prozent mehr Energieersparnis im Vergleich zu einer konventionellen Steuerungssoftware kriegt man umsonst, weil man nur die Software updaten muss.» Gerade sind die ETH-Forscher dabei, ihr neues System in einen Bus einzubauen. Bis 2013 soll es dann reibungslos in den Hess-Hybriden laufen.

→ www.complex.mat.ethz.ch

→ www.ahead.ethz.ch

→ www.metphys.mat.ethz.ch

Neues Hirn für alte Häuser

Intelligente Gebäude blicken in die Zukunft und sparen so viel Energie. Sie wissen, wie das Wetter wird, und passen Beleuchtung, Heizung, Kühlung, Lüftung und Beschattung optimal an. Ingenieure aus Forschung und Industrie haben dafür neue Algorithmen entwickelt; nun werden sie in einem Feldversuch getestet.

Samuel Schläfli

Egal, ob mitten in der Stadt, in der Agglomeration oder auf dem Land – überall schossen in den vergangenen Jahren Bürotürme aus dem Boden. Mit ihren spiegelglatten Fensterfassaden sind sie schick und befriedigen unseren unstillbaren Hunger nach Sonnenlicht. Für Gebäudebetreiber sind sie indes oft ein Albtraum, besonders wenn die Fassade stundenlang dem gleissenden Sonnenlicht ausgesetzt ist. Bei mangelhafter Beschattung kommt die Gebäuderegulierung mit dem Kühlen nicht mehr nach; die Mitarbeiter reissen die Fenster auf, woraufhin die Regelung vollends versagt. Am Ende muss ein Gebäudetechniker das Haus manuell und mit zusätzlichem Energieaufwand wieder auf Kurs bringen.

Fragmentierte Planung

«Nicht selten dauert es bei modernen Bürogebäuden ein bis zwei Jahre, bis der angestrebte Komfort und Energieverbrauch eingestellt sind», erzählt Dimitrios Gyalistras, Projektleiter am Institut für Automatik der ETH Zürich. Und er fügt an: «Architekten und Gebäudetechniker reden zu wenig miteinander – deshalb sind Hülle und Innenleben oft mangelhaft aufeinander abgestimmt.» Gleichzeitig führt die Fragmentierung in der Baubranche dazu, dass zum Beispiel Heizungs-, Kühlungs- und Belüftungssysteme unabhängig voneinander programmiert werden. Das hat zur Folge, dass die bei der Planung definierten

Energiekennzahlen nicht eingehalten werden und die Energiekosten wesentlich höher ausfallen als geplant. Kein Wunder: Alleine 40 bis 60 Prozent der gesamten Gebäude-Energiekosten verursachen gebäudetechnische Anlagen.

Gyalistras ist überzeugt, dass der Betrieb der meisten bestehenden Bauten mit einer intelligenteren Gebäuderegulierung wesentlich sparsamer und mit weniger mühsamen, manuellen Eingriffen möglich wäre. «Die IT-Revolution und standardisierte Protokolle für die Gebäudeautomation eröffnen uns komplett neue Möglichkeiten bei der integrierten Simulation und Regelung des Gebäudeklimas.» Seine Vision: Ein zentraler Computer – das eigentliche «Hirn» des Gebäudes – dirigiert Beleuchtung, Heizung, Kühlung, Lüftung und Jalousien auf ein energetisches und finanzielles Optimum hin – und dies ohne Komforteinbusse. An dieser Vision arbeitet Gyalistras seit Mai 2007 zusammen mit 18 Forschern und Entwicklern. Beteiligt sind die ETH Zürich, die EMPA, die Siemens-Division Building Technologies, das Planungsbüro Gruner AG und Meteo Schweiz. Gemeinsam entwickelten sie im Projekt «OptiControl» Regelungsstrategien, mit welchen drei zentrale Aspekte der Gebäuderegulierung optimal aufeinander abgestimmt werden können: der Energieverbrauch, der Komfort und der Energie-Spitzenbedarf unter Berücksichtigung der aktuellen Strompreise.

Einsparmöglichkeiten gibt es viele, zum Beispiel beim Temperatur-Komfortband: Wieso muss die Gebäude-Innentemperatur konstant zwischen 22 und 24 Grad Celsius gehalten werden, wenn auch 21 bis 25 Grad Celsius komfortabel sind? Oder bei der Lüftung: Weshalb muss eine Lüftung fortwährend Luftmassen durch Räume schieben, wenn gar niemand dort ist? «Alleine durch verbesserte Algorithmen konnten wir den Energieverbrauch in Simulationen je nach Gebäude um bis zu 15 Prozent reduzieren», sagt Gyalistras. Werden zusätzlich Wetterprognosen und das thermische Gebäudeverhalten in die Berechnungen einbezogen, kann die Energie-Effizienz nochmals stark gesteigert werden.

Effizienter dank Wettervorhersagen

Aus diesem Grund ist auch Meteo Schweiz bei «OptiControl» mit im Boot. Das Unternehmen berechnet das zu erwartende Wetter der kommenden 72 Stunden mit einer Auflösungsgenauigkeit von 2,2 beziehungsweise 6,6 Kilometern. Damit können Gebäude auf kommende Wetterveränderungen vorbereitet werden. Weiss das «Hirn» eines Gebäudes, dass der kommende Tag fünf Grad wärmer wird als der aktuelle, nutzt es die kalte Nachtluft für eine mehrstündige passive Kühlung. So sind die Mauern am nächsten Morgen vorgekühlt und die elektrische Kühlung muss erst am Nachmittag wieder eingeschaltet werden. Mit einem solchen «vorausschauenden» System konnte das «OptiControl»-Team in Simulationen Energieeinsparungen von bis zu 41 Prozent erreichen. Schlüsselfaktoren für derart hohe Energieeinsparungen sind vor allem die optimale Regelung der Jalousien, die passive Kühlung und der Energierückgewinn. «Bislang lag der Fokus beim Energiesparen vor allem auf der Gebäudehülle. Durch Investitionen in korrekt funktionierende Systeme und intelligente Software lässt sich jedoch Energie

oft viel günstiger sparen», sagt Gyalistras. Mit rund 40 Prozent des weltweiten Primärenergieverbrauchs für den Betrieb des bestehenden Gebäudeparks sind die Einsparpotenziale enorm. «Europa ist gebaut», sagt Dominic Habermacher, Leiter der Vorfeld-Produktentwicklung bei der Siemens-Division Building Technologies, einem der weltgrössten Anbieter von Gebäudeautomationssystemen. Auch wenn Neubauten prestigeträchtiger sind, der Hauptmarkt für Siemens in Europa seien bestehende Bauten. Entsprechend findet der erste Feldversuch von «OptiControl» nicht an einem brandneuen «Kunststück» statt, sondern an einem für den Schweizer Standard möglichst typischen Bau. Einen solchen haben Gyalistras, Habermacher und ihre Projektpartner in einem fünfjährigen Bürogebäude in Allschwil gefunden.

Dem Gebäude wird zurzeit ein neues Hirn eingesetzt. Das bestehende Regelungssystem wird mit einigen zusätzlichen Sensoren ergänzt; zudem sind geringfügige Investitionen in die Kommunikationstechnologie nötig. Den grössten Aufwand erzeugen die Programmierung der intelligenten Regelalgorithmen und das notwendige Monitoring. Mit den Anpassungen sollen in Allschwil Energieeinsparungen von bis zu 20 Prozent erreicht werden.

Dies vor allem durch weniger Heizenergieverbrauch aufgrund besserer Nutzung der thermischen Speichermasse, wie etwa der Betondecken. Ab Herbst 2011 wird «OptiControl» über 18 Monate am Gebäude getestet. Bereits ab 2013 möchte Siemens erste Bausteine der Software in ihre Produkte integrieren.

Das Gebäude als Batterie

Sollen Gebäude in Zukunft nicht nur mit weniger, sondern zusätzlich mit erneuerbarer, zeitlich beschränkter Energie aus Wind und Sonne betrieben werden, so wird auch das Gesamt-Energiemanagement wichtiger. Die Forschungsgruppe von Lino Guzzella am Institut für Dynamische Systeme und Regelungstechnik – sonst eher bekannt für Innovationen im Fahrzeugbereich – entwickelt im Projekt «SAMBA» (Self-Adapting Monitoring for Building Automation) Algorithmen zur Steuerung der Schnittstelle zwischen Gebäude und Energieverteilnetz. So könnte das Gebäude bei Stromüberschüssen oder -engpässen im Netz flexibel reagieren. Zum Beispiel, wenn der Wind über der Ostsee zeitweilig so stark bläst, dass das Stromangebot die Nachfrage übersteigt. Die überschüssige Energie könnte in Form von Wärme in einem Eisspeicher eingelagert werden. Bei einem späteren Engpass

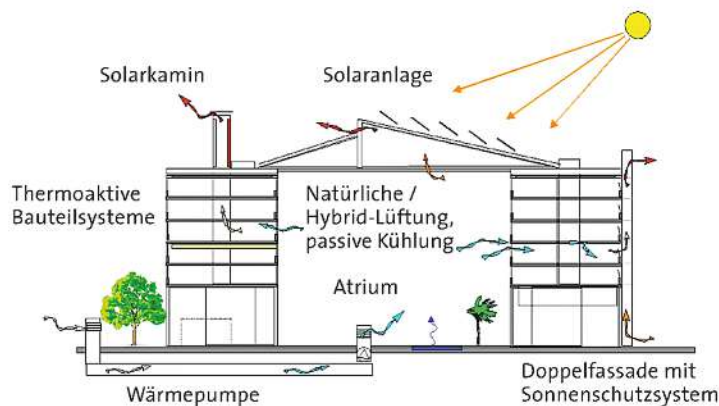
im Stromnetz würde die Gebäudekühlung anstelle auf Strom auf den Kältespeicher zurückgreifen. Gebäudenutzer würden sich über die Stromrechnung freuen, liesse sich doch mit einer solchen Regelung immer dann Energie «tanken», wenn die Kosten dafür am geringsten sind. Doch nicht nur für die Kunden, sondern auch für die Energieproduzenten wäre das System attraktiv: Durch ein intelligentes Gebäude-Energiemanagement erhielten sie neue Möglichkeiten zum Ausgleich von Spitzenlasten.

Iterative Optimierung vor Baubeginn

Egal, ob eine optimale Anbindung von Gebäuden ans Energienetz oder eine intelligentere Regelung der inneren Teilsysteme – beides bedingt eine engere Zusammenarbeit von Architekten, Fachplanern und Gebäudetechnikern. Für einen integrierten Arbeitsprozess wäre deshalb eine gemeinsame Planungsplattform nötig, glaubt Habermacher von Siemens. «Damit könnten wir Zeichnungen der Architekten direkt in unser System übertragen und für deren Entwürfe optimale Gebäuderegulungen simulieren.» So könnten Ingenieure die Architekten frühzeitig darauf aufmerksam machen, wenn bestimmte Aspekte des Entwurfs ein optimales Innenraumklima und einen tiefen Energieverbrauch verhindern. Gyalistras spricht von einem iterativen Prozess, in dessen Verlauf Architektur, Gebäudehülle, Haustechnik und Regelung mittels Simulation so lange optimiert werden, bis bestimmte Kriterien erfüllt sind. «Erst dann würde mit dem Bau begonnen und würden entsprechende Ausführungsaufträge verteilt, wie dies heute im Flugzeug- oder Autobau gang und gäbe ist», beschreibt Gyalistras seine Vision. Zweijährige, nervenaufreibende Anlaufphasen, um die Regelung eines Neubaus in den Griff zu kriegen, gehörten damit der Vergangenheit an.

→ www.opticontrol.ethz.ch

→ www.ethglobe.ethz.ch/samba



Schema eines idealen Gebäudes mit optimierter Energietechnik und -regelung.
(Bild: Viktor Dorer / EMPA)

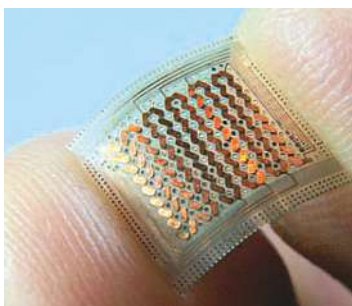


Sensoren wie dieser innovative, funkbasierte und batterieless betreibbare Fühler helfen, das Gebäudeenergiesystem optimal zu regeln. (Bild: Siemens Schweiz AG)

Clevere Energie-Ideen in der Praxis

Energiestrategien und Energieforschung sind das eine – doch erst die Umsetzung am Markt führt zu wirklichen Veränderungen. Zahlreiche Spin-off-Firmen haben in den letzten Jahren ETH-Ideen zu cleveren Energietechnologien in die Praxis umgesetzt. ETH-Globe stellt eine kleine Auswahl vor.

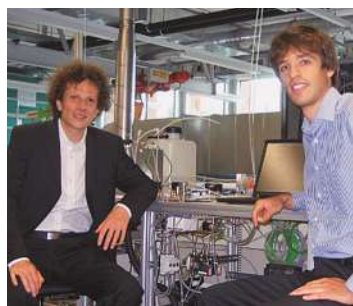
GreenTeg produziert Strom aus Abwärme



Beim Autofahren gehen zwei Drittel des Treibstoffes als ungenutzte Wärme verloren. GreenTeg hat einen thermoelektrischen Generator (TEG) entwickelt, der diese Wärme in elektrische Energie umwandelt. Dabei nutzt der Generator das Temperaturgefälle zwischen der Wärmequelle und der Umgebungstemperatur. Um die Produktion der TEGs kostengünstig zu halten, basiert die Herstellung auf einem Mikrofabrikationsprozess. Solche thermoelektrischen Generatoren können beispielsweise auf den Auspuff eines Autos geklebt werden und dort die ausströmende Abwärme in Elektrizität umwandeln. Diese kann dann für den Betrieb der Klimaanlage oder Heizung genutzt werden.

→ www.greenteg.com

Climeworks verwandelt Luft in Benzin



Mit der Reduktion von Kohlendioxid (CO₂) in der Atmosphäre könnte der Klimaerwärmung entgegengewirkt werden. Ein erster Schritt in diese Richtung ist den beiden ETH-Doktoranden Christoph Gebald und Jan Wurzbacher gelungen. Mit Climeworks wollen sie CO₂ aus der Luft filtern – umweltfreundlich und emissionsfrei. Der von ihnen entwickelten Apparat soll das CO₂ aus der Luft einfangen und danach als Rohstoff ausscheiden: Mittels Solarenergie soll das Kohlendioxid etwa in synthetischen Treibstoff umgewandelt werden. Das aus der Luft gewonnene CO₂ kann aber auch als Rohstoff an die Getränkeindustrie, zur Produktion von Kohlensäure, verkauft werden.

→ www.climeworks.com

Leichter unterwegs mit Kringlan



Ein hohes Gewicht ist bei vielen Produkten unerwünscht und eine Quelle von Kosten und technischen Problemen. Die Kringlan Composites AG hat sich dieser Problematik angenommen. Ihre Lösung basiert auf der Entwicklung von neuen Technologien zur Verarbeitung von Hochleistungs-Faserverbundwerkstoffen. Hauptziel war es von Beginn an, ein Autorad zu entwickeln, das vollständig aus Faserverbundwerkstoff besteht und damit nicht nur die Fahrdynamik verbessert, sondern auch den Kraftstoffverbrauch und den CO₂-Ausstoss senkt – kombiniert mit geringen Herstellungskosten.

→ www.kringlan.ch

Solarpanels auf Handys und Autos



Solarenergie ist der Strom der Zukunft. Um den Nutzungsbereich der Photovoltaik zu vergrössern, stellt Flisom flexible Dünnschicht-Solarmodule mittels eines kostengünstigen Prozesses «von der Rolle» her. Diese zeichnen sich durch ihren hohen Wirkungsgrad und geringe Herstellungskosten aus. Durch die Biegsamkeit und einfache Handhabung finden sie ein breites Einsatzgebiet. So können die Solarpanels für Mobiltelefone, Laptops, Taschen, Gebäudeintegrierte Photovoltaik (BIPV) und diverse Fahrzeuge verwendet werden. Dank ihrer Biegsamkeit und ihres geringen Gewichtes können sie auch auf gekrümmten oder flexiblen Oberflächen angebracht werden.

→ www.flisom.ch

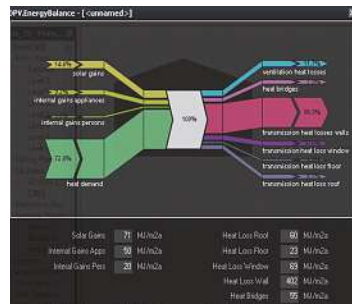
Wasser sparen mit «Smart Meter»



Warmwasser zu erzeugen verbraucht viel Energie. Die Jungunternehmer von Amphiro haben deshalb einen «Smart Water Meter» entwickelt, der den Wasserverbrauch während des Duschens messen kann. Der dazugehörige Sensor ist leicht in allen herkömmlichen Duschen zu installieren. Betrieben wird er durch den Wasserstrahl, was eine Batterie überflüssig macht. Eine typische Schweizer Familie kann durch den Einsatz dieses Produkts rund 7500 Liter Trinkwasser pro Jahr einsparen.

→ www.amphiro.com

Simulationen für weniger CO₂ im Bau



KEOTO hilft Bauherren, Planern und Gebäudebetreibern, die ökologische und ökonomische Nachhaltigkeit von Bau- und Sanierungsmassnahmen schnell und umfassend zu beurteilen. Dafür hat das Unternehmen unter anderem die Software «Design Performance Viewer» (DPV) entwickelt. Damit können Energieeffizienz und CO₂-Emissionen für jeden Entwurfs- und Planungsschritt berechnet und einfach dargestellt werden. Das System kam unter anderem bei der Sanierung des HPZ-Gebäudes der ETH Zürich auf dem Höggerberg zum Einsatz und bei der Sanierung von sechs Mehrfamilienhäusern in Zürich Wollishofen.

→ www.keoto.net

Evtec baut Autos für die Postmoderne



Verbrennungsmotoren haben normalerweise gerade mal einen Wirkungsgrad von 35 Prozent. Anders die von Evtec konzipierten Elektroantriebssysteme. Diese können eine Wirkung von bis zu 95 Prozent erreichen. Das Unternehmen hat sich auf Elektronik und Regelungstechnik spezialisiert und berät Kunden bei der Konzeption von Elektrofahrzeugen. Anders als viele andere Anbieter setzt Evtec dabei auf ein sportliches Design. Auf Kundenwunsch übernimmt das Unternehmen zusammen mit seinen Partnern zudem den Bau eines Prototyps.

→ www.evtec.ch

Tep Energy analysiert den Wandel



Die Dienstleistungsfirma Tep Energy erstellt kundenspezifische Analysen und Bewertungen der Risiken und Chancen, die sich durch den energiewirtschaftlichen Strukturwandel, Klimaänderung und Verknappung der Energieresourcen ergeben. Aus dem betrieblichen, technischen, ökologischen und gesamtwirtschaftlichen Blickwinkel entwickeln sie für ihre Kunden angepasste Strategien mit konkreten Handlungsoptionen. Im Auftrag der Stadt Zürich erarbeitete TEP Energy Grundlagen für ein 2000-Watt-Gesellschaft-taugliches Energiekonzept.

→ www.tep-energy.ch/

Ein starkes Zeichen

Ab 2013 will die EU-Forschungskommission ein bis zwei europäische Grossprojekte, sogenannte Flagship-Projekte, mit bis zu einer Milliarde Euro fördern. 26 Konsortien haben Bewerbungen eingereicht. Mittlerweile stehen die sechs Projekte fest, aus denen die Kommission 2012 den oder die beiden Sieger küren wird: FuturICT, Zukünftige Computerchips auf Graphenbasis, Guardian Angels, Human Brain Simulation Project, Individualisierte Medizin und Robot Companion. An zwei dieser Projekte ist die ETH Zürich als Co-Leiter beteiligt. Die ETH Zürich unter der Leitung von Professor Dirk Helbing und das University College of London mit Professor Steven Bishop sind «Leading Houses» von «FuturICT». Dieses Projekt integriert Informations- und Kommunikationstechnologien (ICT), Komplexitätsforschung und Sozialwissenschaften, um ein Modell des Planeten Erde zu erschaffen. Zentral dabei soll die weltumspannende «Living Earth Platform» werden, auf der riesige Datenmengen gespeichert und verarbeitet werden. Anhand dieser Daten wollen die Forscher verstehen lernen, wie menschliche

Gesellschaften funktionieren, um Entscheidungen grosser Tragweite besser treffen und Aussagen über bevorstehende Krisen machen zu können.

Das Projekt «Guardian Angels» zielt auf die Entwicklung und Anwendung von autonomen Systemen aus Sensoren und informationsverarbeitenden Chips, die ohne externe Energiequellen auskommen sollen. Die Leading Houses ETH Lausanne und ETH Zürich streben intelligente autonome Systeme an, die ihre Energie aus alternativen Quellen beziehen – etwa von der Sonne, aus Körperwärme oder Bewegungen und Vibrationen. Dazu sind technologische Durchbrüche nötig, sowohl auf der Seite der Mikro- oder Nanochips als auch auf der Seite der sogenannten Energy-Harvesters und allenfalls der Zwischenspeicher für eine stark verbesserte Effizienz.

Die Projektorganisationen erhalten nun je 1,5 Millionen Euro, um einen Antrag auszuarbeiten, der der EU-Forschungskommission als Entscheidungsgrundlage dienen wird. 2012 ist klar, wer den Forschungsjackpot knackt.



Im Projekt «FuturICT» soll ein Modell des Planeten Erde erschaffen werden. (Bild: iStockphoto)

Rekord-Hitze



Waldbrände verschmutzten die Luft im Hitzesommer 2010: Ein Moskauer mit Atemmaske. (Bild: flickr)

Im kollektiven Bewusstsein ist immer noch der Hitzesommer von 2003 als «der extremste Sommer» verankert – zumindest bei den Westeuropäern. Eine internationale Forschergruppe, an der auch die ETH Zürich beteiligt war, hat nun in einer in «Science» publizierten Studie gezeigt, dass die letztjährige Hitzewelle über Osteuropa und Russland in jeder Hinsicht beispiellos war: Noch nie in den letzten 500 Jahren wichen die Sommertemperaturen in Europa so stark von der Norm ab. Grund für die Hitzewellen 2003 und 2010 war in beiden Fällen ein stabiles und grosses Hochdruckgebiet, das östlich und westlich von einem Tiefdruck begrenzt wurde. Hinzu kamen wenig Niederschlag und eine frühe Schneeschmelze, was den Boden austrocknete und die Situation zusätzlich verschärfte.

Finanz-Blog ausgezeichnet

Der Blog «Ökonomenstimme» der ETH-Konjunkturforschungsstelle wurde mit dem Sonderpreis des «finanzblog award 2011» ausgezeichnet, der von der «comdirect bank» verliehen wird. Die Jury lobte die durchdachte «Verschlagwortung» sowie das «feinmaschige Themenarchiv». Der Blog beschleunige die Verbreitung von volkswirtschaftlichen Erkenntnissen in Fachkreisen, ermögliche aber auch ambitionierten Laien, sich intensiver mit ökonomischen Grundlagen zu beschäftigen, so die Jury.

Mehr Resistenzen in grossen Spitälern

Da antibiotikaresistente Bakterien vor allem in Spitälern ein immenses Problem darstellen, hat ein Team um Sebastian Bonhoeffer, Professor am Institut für Integrative Biologie der ETH Zürich, ermittelt, welche Faktoren für die Verbreitung von Resistenzen hauptverantwortlich sind. Die Studie zeigt, dass die Spitalgrösse mit der Ausbreitung von Antibiotika-Resistenzen gekoppelt ist.

Die Modelle, die die Erstautoren Pia Schulz zur Wiesch und Roger Kouyos mit Datensätzen aus Spitälern fütterten, funktionieren wie eine Wettervorhersage: Alle Parameter, die eine Rolle spielen, wie etwa die Aufnahme- und Entlassungsrate von Patienten oder wie lange eine Infektion im Schnitt dauert, sind in das Modell eingebaut. Indem die Wissenschaftler diese Parameter verändern, spielen sie verschiedene Szenarien durch und beobachten, wie sich Antibiotika-Resistenzen ausbreiten. Die Autoren sind überzeugt, dass die Erkenntnisse ihrer Arbeit praktischen Nutzen haben. «Natürlich bieten grosse Krankenhäuser auch Vorteile. Aber man müsste die Stationen in grossen Spitälern stärker voneinander isolieren, zum Beispiel durch verbesserte Handdesinfektion der Ärzte und Schwestern.» Dadurch liesse sich der Nachteil von grossen Spitälern nahezu vollständig kompensieren, sagt Kouyos. Die Auswertung der Datensätze zeigte auch, dass die Rate, mit der Patienten zwischen den Stationen innerhalb der Krankenhäuser verlegt werden, in den letzten fünfzehn Jahren zugenommen hat. Könnte die Verlegungsrate wieder reduziert werden, entstünde demnach schon eine wesentliche Verbesserung.



Resistente Bakterien: Immer mehr Antibiotika werden wirkungslos. (Bild: iStockphoto)

Sexuell oder asexuell?



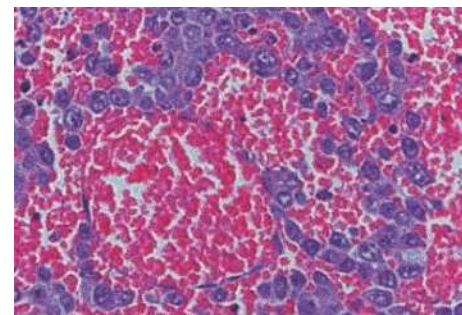
Blattlauswespen legen ihre Eier in graue Blattläuse. (Bild: Christoph Vorburger)

Wieso gibt es Sex? Diese zentrale Frage der Evolutionsbiologie versuchen verschiedene Theorien zu erklären – bisher ohne Erfolg. Christoph Vorburger, SNF-Förderungsprofessor für Evolutionäre Ökologie am Institut für Integrative Biologie der ETH Zürich und

der EAWAG in Dübendorf, und sein Doktorand Christoph Sandrock haben entdeckt, dass die Frage anhand der Blattlauswespe *Lysiphlebus fabarum* empirisch untersucht werden könnte. Bei dieser Wespenart, die sich auf beide Weisen fortpflanzen kann, unterscheiden sich asexuelle und sexuelle Individuen praktisch nicht – ausser eben dadurch, dass sie sich anders fortpflanzen. Dies macht sie zu einem idealen Modellorganismus. Üblicherweise unterscheiden sich nämlich die Individuen, die sexuell gezeugt wurden, auch in anderen Merkmalen von den asexuell gezeugten, so dass ein direkter Vergleich kaum mehr aussagekräftig ist. Es stellte sich heraus, dass offenbar nur von einem einzigen Gen kontrolliert wird, auf welche Art sich die Wespen fortpflanzen. In einer weiterführenden Studie möchten die Forscher nun herausfinden, welches Gen die Fortpflanzungsweise bestimmt.

Lichtempfindliche Moleküle gegen Krebs

Britische und Schweizer Forscher zeigen in einer Publikation, die im British Journal of Cancer erschienen ist, dass eine gezielte photodynamische Therapie gewisse Formen von Krebs komplett zum Verschwinden bringen kann. Die neuartige Therapie beruht auf lichtempfindlichen Molekülen, die an Antikörper gekoppelt sind. Diese erkennen spezifisch Tumorblutgefässe und lagern sich an ihnen an. Werden die chemisch modifizierten Antikörper mit Licht angeregt, zerstören sie die Blutgefässe des Krebses und schneiden ihm die Versorgung mit lebenswichtigen Nährstoffen und Sauerstoff ab. Als Folge verhungern die Krebszellen und die Tumore verschwinden. Zudem unterdrückt die Behandlung das neuerliche Tumorwachstum in den folgenden 100 Tagen nach der Therapie. Die neuen Moleküle dürften für Patienten allerdings noch länger nicht verfügbar sein, da sie bisher erst an Mäusen getestet wurden. Dennoch sind die Forscher vom Potenzial



Krebsgewebe, das mit der photodynamischen Methode behandelt wurde. (Bild: Dario Neri / ETH Zürich)

der Methode zur Behandlung der häufigsten Formen von Hautkrebs überzeugt. «Diese Studie ebnet uns den Weg zur Entwicklung einer neuen Klasse von Antikörper-Therapien», sagt Dario Neri, Professor für Biomakromoleküle am Institut für Pharmazeutische Wissenschaften der ETH Zürich. Und: Die neue Therapieform könnte möglicherweise invasivere Behandlungen, wie Bestrahlung oder chirurgische Eingriffe, ersetzen.

«Das neue Labor ist ein Standortvorteil für den Werkplatz Schweiz»

Seit Mai forschen Wissenschaftler im neuen «Binnig and Rohrer Nanotechnology Center» der ETH Zürich und des IBM-Forschungslabors in Rüschlikon. Matthias Kaiserswerth, Direktor des IBM-Forschungslabors, und Roland Siegwart, ETH-Vizepräsident Forschung und Wirtschaftsbeziehungen, sprechen über die Vorteile der Kooperation und Chancen und Risiken in der Nano-Forschung.

Interview: Thomas Langholz

IBM Research in Rüschlikon und die ETH Zürich sind mit dem neuen Labor eine strategische Partnerschaft eingegangen. Wie profitieren die Partner davon?

Matthias Kaiserswerth: Durch diese Partnerschaft teilen wir eine teure und hochspezialisierte Infrastruktur und können die Labore besser ausstatten und nutzen. Sehr wichtig sind auch der Austausch und die Kooperation mit den ETH-Forschenden. Schon bei der Planung haben wir mögliche gemeinsame Forschungsthemen analysiert und viele gemeinsame Interessen festgestellt.

Roland Siegwart: Für die ETH als öffentlich finanzierte Institution gilt dasselbe. Wir sparen Kosten und ermöglichen unseren Forschenden trotzdem eine ausgezeichnete Infrastruktur. Durch die

Nähe zu IBM entstehen neue Formen der interdisziplinären Zusammenarbeit, die es nicht gibt, wenn sich Forscher nur einmal im Jahr auf Konferenzen treffen. Die tägliche Interaktion von Mikrosystemtechnikern, Thermodynamikern, Informatikern, Biologen und Medizinerinnen mit Forschern aus der Industrie ist für die Forschung sehr stimulierend.

Die gesamten Investitionen betragen rund 90 Millionen Franken. IBM übernimmt die Baukosten von 60 Millionen Franken, und die Infrastrukturkosten von 30 Millionen Franken teilen sich die Partner jeweils zur Hälfte. Ist Public Private Partnership ein Zukunftsmodell zwischen der Industrie und den Hochschulen?

Siegwart: Für mich hat es Modellcharakter. Ein ähnliches Beispiel ist die Zusammenarbeit zwischen der ETH und dem Disney Research Lab. Dabei steht nicht die Infrastruktur im Vorder-

«Das Forschungszentrum bietet der Schweiz eine einmalige Chance im Bereich Nanotechnologie.»

Matthias Kaiserswerth, IBM

grund, sondern der intensive Austausch zwischen den Wissenschaftlern. Komplexe wissenschaftliche Fragestellungen können heute nicht mehr von Einzelpersonen bearbeitet werden, sondern benötigen interdisziplinäre und institutsübergreifende Teams.

Kaiserswerth: In den USA gibt es bereits ähnliche Modelle, aber eine solche langfristige

Kooperation mit einer gemeinsam genutzten Forschungsinfrastruktur für die Grundlagenforschung ist weltweit auch für uns einzigartig. Für IBM sind 75 Millionen Franken eine grosse Investition, die gerechtfertigt sein will. Wenn sich unsere Kooperation als erfolgreiches Modell etabliert, woran ich nicht zweifle, dann könnte ich mir vorstellen, dass wir auch an anderen Orten nach diesem Vorbild arbeiten.

Im Binnig and Rohrer Nanotechnology Center wird an Strukturen im Nanometer-Bereich geforscht. An welchen Projekten arbeiten Sie?

Kaiserswerth: Wir entwickeln zum Beispiel neue Schaltelemente für zukünftige Computerchips. Etwa alle 18 Monate verdoppelt sich heute die Leistung solcher Chips. Dies gelingt dadurch, dass die Strukturen auf den Chips miniaturisiert werden. Mit den herkömmlichen Methoden stossen wir aber langsam an physikalische Grenzen, sodass wir neue Konzepte und Herstellverfahren für Chips erforschen müssen.

Siegwart: In der Wissenschaft geht es darum, sich an neue Limits heranzutasten. Wir wollen zum Beispiel eine noch höhere Auflösung in der Strukturierung erreichen oder Systeme entwickeln, die weniger Strom benötigen, bis hin zu neuen Sensoren, Batterien und Materialien.

Neben einem IBM- und einem ETH-Bereich gibt es auch einen Laborteil, den beide Partner gemeinsam nutzen. Wie sieht hier die Zusammenarbeit aus?

Siegwart: Schon bei der Planung haben wir an sehr offene, flexible Strukturen gedacht. Der Reinraum steht der ETH und IBM gleichberechtigt zur Verfügung und wird auch gemeinsam betrieben. Es können auch jederzeit weitere Partner über Forschungsprojekte eingebunden werden.



Matthias Kaiserswerth, Direktor des IBM Forschungslabors und Roland Siegwart, ETH-Vizepräsident Forschung und Wirtschaftsbeziehungen, im Gespräch. (Bilder: Tom Kawara)

Kaiserswerth: Bei gemeinsamen Projekten mit der ETH Zürich gibt es eine definierte Fragestellung. Die Partner erarbeiten gemeinsam die Projektziele. Die Erkenntnisse sind wissenschaftliche Publikationen und geistiges Eigentum, etwa Patente und Antworten auf technische Fragen, die die Partner nutzen können. Wir arbeiten im neuen Nanotechnology Center aber auch an Projekten mit Litauen und Unternehmen aus Asien zusammen.

In der Nanotechnologie-Forschung liegt ein hohes Entwicklungspotenzial. Was bedeutet das neue Labor für Zürich und die Schweiz als Wirtschaftsstandort?

Siegwart: Die Schweiz ist eine der Geburtsstätten der Nanotechnologie. Dieser Bereich hat sich in den letzten Jahren zum Beispiel im Sensorbereich für die Auto- oder die Uhrenindustrie etabliert. Die neue Infrastruktur bietet ideale Voraussetzungen, damit in diesem Bereich intensiver geforscht werden kann und das Wissen in die Industrie gelangt. Das Labor und die Zusammenarbeit mit IBM ziehen auch Talente an, vom Professor bis zu den Studierenden. Für sie ist es das optimale Umfeld, um Wissenschaft auf höchstem internationalem Niveau zu betreiben.

Kaiserswerth: Die Nanotechnologie bietet auch Chancen für die Schweizer Wirtschaft und die einmalige Chance, dass sich die Schweiz im Bereich Nanotechnologie nachhaltig etabliert. Es gibt bereits einige ETH-Spin-offs, die in diesem Bereich arbeiten, Arbeitsplätze schaffen und Forschungsergebnisse in die Wirtschaft bringen. Ich hoffe, dass sich aus der gemeinsamen Forschung weitere Spin-offs ergeben werden.

Neben IBM und der ETH steht auch externen Firmen Laborplatz zur Verfügung. Was können Sie zum Beispiel einem Schweizer KMU anbieten?

Kaiserswerth: Eine hochmoderne Infrastruktur,

«Die tägliche Interaktion von ETH-Wissenschaftlern mit Forschern aus der Industrie ist stimulierend.»

Roland Siegwart, ETH Zürich

die professionell betrieben wird, und gleichzeitig Zugang zu IBM-Forschung und zu ETH-Professoren und ihren Gruppen. Gerade in der Schweiz wird dies auch von der KTI gefördert. Die EMPA ist ein externer Partner, der schon dort forscht. Auch dort sind Kooperationen vorstellbar.

Wo Forschung heute an Grenzen stösst, erhofft man sich Fortschritte durch die Nanoforschung. Doch «Nano» weckt auch Ängste. Wie hoch sind die Risiken der Forschung am Nanotechnology Center?

Kaiserswerth: Das muss man differenziert sehen – denn «Nano» ist nicht gleich »Nano«. Nanotechnologie wird in Kosmetika und Textilien bis hin zum Schutzlack für Autos eingesetzt. Für viele Ängste sorgen freie Nanopartikel, die in den menschlichen Organismus gelangen können. Wir forschen hier an Nanoelektronik für zukünftige Computerchips und Sensorik und dabei besteht keine Gefahr. Wo wir Kohlenstoff-basierte Strukturen erzeugen, die etwa für Transistoren oder für verbesserte Kunststoffe eingesetzt werden, gelten besondere Sicherheitsbestimmungen und Schutzmassnahmen.

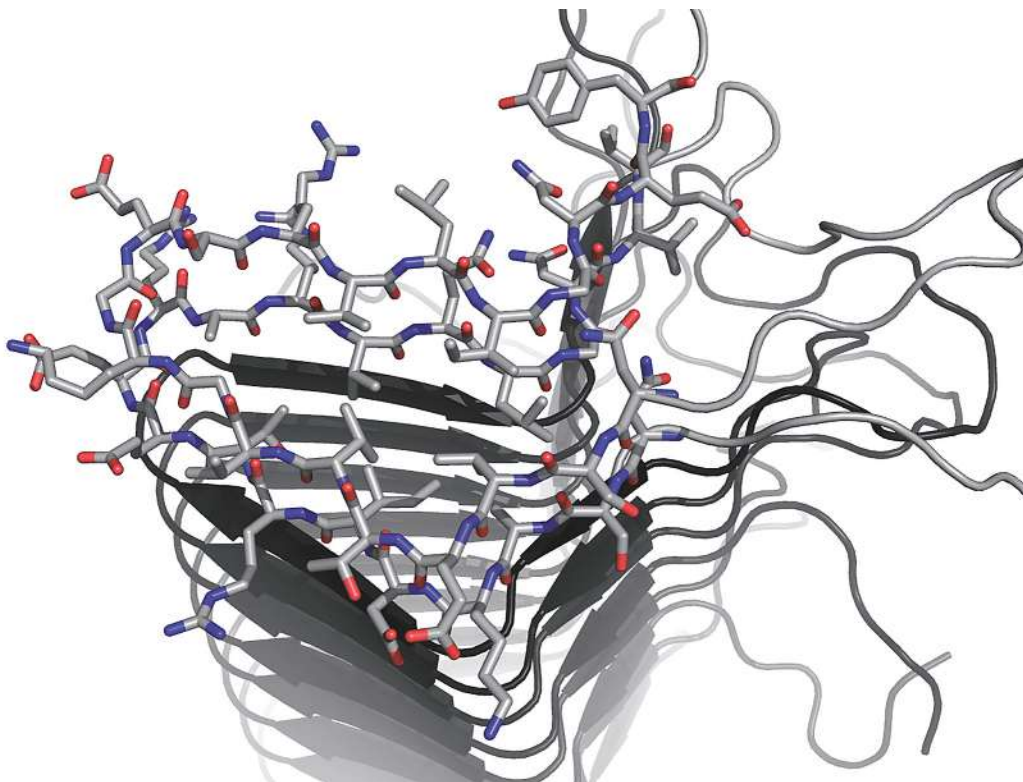
Siegwart: Neue Forschung birgt immer Risiken, denen wir uns stellen müssen und die daher ein zentraler Bestandteil unserer Forschung sind. Wir leben täglich mit Risiken, die wir nicht vermeiden können, zum Beispiel im Strassenverkehr oder beim Bergwandern. Wir haben aber gelernt, diese Situationen einzuschätzen, um die Risiken so weit wie möglich zu minimieren. IBM und ETH nehmen das Thema sehr ernst und treffen alle möglichen Sicherheitsmassnahmen.

Die Zusammenarbeit ist auf zehn Jahre ausgelegt. Planen Sie einen weiteren Ausbau?

Siegwart: Wir sind Mitte Mai gestartet und haben gerade erst begonnen, zu forschen und erste Erfahrungen zu sammeln. Zuerst dachte ich, wir müssten das Labor gezielt mit Forschern füllen, doch jetzt haben wir schon mehr Bedarf, als wir zur Verfügung haben. Wir werden mit IBM beraten, wie wir noch weitere Kapazitäten schaffen können.

Das neue Forschungszentrum

Das neue Binnig und Rohrer Nanotechnology Center, das von IBM und der ETH Zürich betrieben wird, wurde nach den beiden Nobelpreisträgern Gerd Binnig und Heinrich Rohrer benannt. Diese entwickelten 1986 das Rastertunnelmikroskop. Damit war es erstmals möglich, einzelne Atome auf einer Oberfläche abzubilden. Vielfach gilt dies als die Geburtsstunde der Nanotechnologie.



Jenseits des Rinderwahns

Das Thema BSE ist nicht mehr in den Schlagzeilen, auch wenn gerade erst ein neuer Fall in der Schweiz aufgetreten ist. Doch für Forscher ist die Krankheit nach wie vor aktuell. Denn sie haben viel von BSE gelernt – zum Beispiel über Alzheimer. ETH-Chemiker haben massgeblich dazu beigetragen.

Catarina Pietschmann

Erst Scrapie beim Schaf, dann Wahnsinn beim Rindvieh und eine neue Variante von Creutzfeldt-Jakob beim Mensch – alles ausgelöst durch Prionen, infektiöse Proteine. Mehr als zehn Jahre ist es her, dass von BSE befallene Kälber schreckhaft und zitternd über die Fernsehschirme flimmerten und man sich fragte: Macht ein Steak mich krank?

Wie kann es sein, dass ein Protein plötzlich aus der Reihe tanzt und sich ansteckend wie ein Virus verhält?

Nicht nur bei Creutzfeldt-Jakob machen Proteine im Gehirn Probleme. Auch die Schüttellähmung Parkinson und diverse Demenzformen, allen voran Alzheimer, sind gekennzeichnet

durch Ablagerungen von Eiweissstoffen. Statt nach Gebrauch von der Zellmaschinerie entsorgt zu werden, werden diese Proteine falsch gespalten, falten sich sonderbar, lagern sich zu sogenannten Amyloiden zusammen, legen sich wie ein Film auf die Kontaktpunkte zwischen den Nervenzellen, und die Neuronen sterben ab. Das Hirngewebe schrumpft, wird löcherig wie ein Schwamm. Ganz ähnlich wie bei den BSE-Rindern.

Um zu verstehen wie es dazu kommt – und wie es vielleicht einmal verhindert werden kann –, ist es notwendig, diese Strukturen genau zu kennen. Zu wissen, was am «gesunden» Protein anders ist als am Prion und wie seine zu-

sammengeballte Form, das Amyloid, aussieht. Ein Protein ist mehr als eine Abfolge seiner Aminosäuren. Funktionstüchtig wird es erst – im guten wie im krank machenden Sinne –, wenn es seine einzigartige 3-D-Struktur eingenommen hat. Jene räumliche Anordnung, bei der sich die Molekülkette von selbst abschnittsweise in Spiralen (α -Helix), Zickzackmuster (β -Faltblatt) und scheinbar regellose Schlaufen legt. Wasserstoffbrücken und andere Wechselwirkungen heften dabei wie Druckknöpfe selbst weit entfernte Stellen der Kette aneinander und fixieren die filigrane Struktur. Konformation nennen Chemiker das. Die Prion-Hypothese, 1982 von Stanley Prusiner neu formuliert, besagt, dass ein Protein durch Änderung seiner Konformation zum Prion werden kann.

Zwei Nobelpreise

Roland Riek und Beat Meier, beide Professoren für Physikalische Chemie an der ETH, untersuchen Prionen und Amyloide mittels biologischer Kernspinresonanz, kurz «Bio-NMR». Ursprünglich zur Strukturaufklärung kleiner löslicher Moleküle entwickelt, hat sich NMR inzwischen auch bei grossen Biomolekülen eta-

Struktur des Pilz-Prions HET-s. Abschnitte der Aminosäurekette, die in β -Faltblattstruktur vorliegen, sind durch graue Pfeile gekennzeichnet. Ähnliche Strukturen sind auch bei Alzheimer-Patienten zu finden. (Bild: Beat Meier / ETH Zürich)

bliert. Der Chemiker Richard Ernst und der Biophysiker Kurt Wüthrich, beide Emeriti der ETH, erhielten für die Entwicklungsarbeit auf dem Gebiet der Lösungs-NMR und der Strukturbestimmung von Proteinen mittels dieser Methode in den Jahren 1991 und 2002 den Chemie-Nobelpreis. Wüthrich untersuchte damit bereits Prionen in ihrer löslichen Form. Seit einigen Jahren lassen sich auch kristalline Festkörper gut mit NMR analysieren. Doch BSE-Prionen, Tauprotein oder Amyloid- β bei Alzheimer oder α -Synuklein bei Parkinson sind weder löslich, noch kristallin. Aber dennoch nicht völlig ungeordnet, wie man schon vor etwa 100 Jahren bei der Untersuchung von Gehirnen von Alzheimer-Patienten erkannte, sagt Riek. Die Verklumpungen sind irgendwie organisiert. «In vielen Fällen in Cross- β -Faltblattanordnung, wie wir heute wissen.»

Pilze als Probanden

Säugetier-Prionen sind in vitro nur schwer herzustellen. Deshalb verwenden Riek und Meier für ihre Strukturuntersuchungen als Modellsystem unter anderem den Hyphenpilz *Podospora anserina*. Er bildet schlauchartige Fäden aus und hat von Natur aus Prionen. «Sie bilden eine Art primitives Immunsystem», erklärt Riek. Ist der eine Pilz im Prionenzustand – also sein Protein zum Amyloid aggregiert – und er wächst mit einem anderen zusammen, dessen Protein nicht völlig identisch ist, heisst das: Hey, wir sind nicht gleich! Und an der Nahtstelle der Schläuche sterben die Zellen ab. Trifft er jedoch auf einen gleichen, wachsen sie zusammen und der Pilz überträgt sein Prion.

Die beiden Forscher haben die Struktur der infektiösen Proteineinheit des Pilzes atomar aufgelöst – von Aminosäure 218 bis 289. Mit je 45 Wasserstoffbrücken klickt sich ein Molekül an das nächste, bildet so das stabile Amyloid-Rückgrat. Die langen Kettenenden hängen wolkig verknäult heraus.

Beat Meier «schraubt» an den Parametern der NMR-Technologie, um die Auflösung und Empfindlichkeit der Methode weiter zu steigern. «Es ist eine Optimierung auf vielen Ebenen.» Noch höhere Magnetfeldstärken wären zum Beispiel wünschenswert. Derzeit wird mit

20 Tesla gearbeitet. Zum Vergleich: bei der medizinischen NMR-Variante – dem MRT – sind 1,5- und 3-Tesla-Geräte heute Standard, in der Forschung vereinzelt schon 7 Tesla. Aber da müssen ja auch nicht einzelne Atome sichtbar gemacht werden.

Amyloide, entstehen durch Zusammenlagerung von Tausenden, manchmal Zehntausenden Eiweissmolekülen, verdrillt zu langen, seilartig gewundenen Bündeln, den Fibrillen. Amyloide sind jedoch nicht immer schädlich. Manche haben sogar wichtige Funktionen.

«2009 konnten wir zeigen, dass Peptidhormone der Hypophyse als funktionelle Amyloide zwischengelagert werden, bevor sie bei Bedarf ausgeschüttet werden», erzählt Riek. Zum Beispiel das β -Endorphin. Marathonläufer kennen es gut, denn es wird etwa ab Kilometer 20 ausgeschüttet, wenn der Körper seine Überanstrengung durch Schmerz kundtut – Endorphin lindert ihn. Hergestellt wurde es lange vorher. Andere nützliche Amyloide speichern Stresshormone oder sind mitverantwortlich für die Formung der Hautpigmente.

Verpackt sind sie unzerstörbar

Proteine, «verpackt» als Amyloid, sind viel stabiler als in gelöster Form. Deshalb lassen sich BSE-Prionen durch Kochen oder Braten nicht zerstören. Zwar gerinnt Eiweiss normalerweise zwischen 70 und 80 Grad Celsius und verliert seine Funktion. Um Prionen «totzukriegen» muss man sie jedoch mindestens 20 Minuten bei 3 bar über 133 Grad Celsius erhitzen. Sie

trotzen Desinfektionsmitteln und sogar ionisierender Strahlung.

Aber was ist der Unterschied zwischen einem «nicht ansteckenden» Amyloid und dem «bösen» Prion? «Gute Frage», Beat Meier lacht. «Wir wissen, auch krank machende Amyloide können sich von Zelle zu Zelle ausbreiten – Prionen aber von Individuum zu Individuum. Ziel unserer Forschung ist es, die molekularen Grundlagen ihrer Infektiosität herauszufinden.»

Manche Forscher glauben, dass sich auch die mit Demenz assoziierten Proteine wie Prionen verhalten. Also infektiös sind – übertragbar. Das wär keine gute Nachricht. Gesunde Mäuse erkrankten, nachdem ihnen Amyloid- β kranker Artgenossen ins Hirngewebe injiziert wurde. Aber die Amyloidforschung macht zugleich Hoffnung. Etwa auf molekulare Ansatzpunkte für Stoffe, die Fibrillenbildung verhindern. Der Hyphenpilz hat ein Inhibitormolekül. «Es ist sogar beeindruckend effizient», weiss Roland Riek.

BSE indes schien so gut wie «ausgerottet». Doch im Mai wurde ein neuer Fall im Kanton St. Gallen bekannt. Die seltsame Rinderkrankheit brachte viele Erkenntnisse. Unter anderem, dass Rindvieh und Mensch molekularbiologisch so verschieden gar nicht sind. Und so wird letztlich die BSE-Krise einmal dazu beigetragen haben, Menschen die Angst vor Demenz im Alter zu nehmen. Weil Rinderwahn der Erforschung neurodegenerativer Erkrankungen ganz neue Impulse gab.

Jahr der Chemie

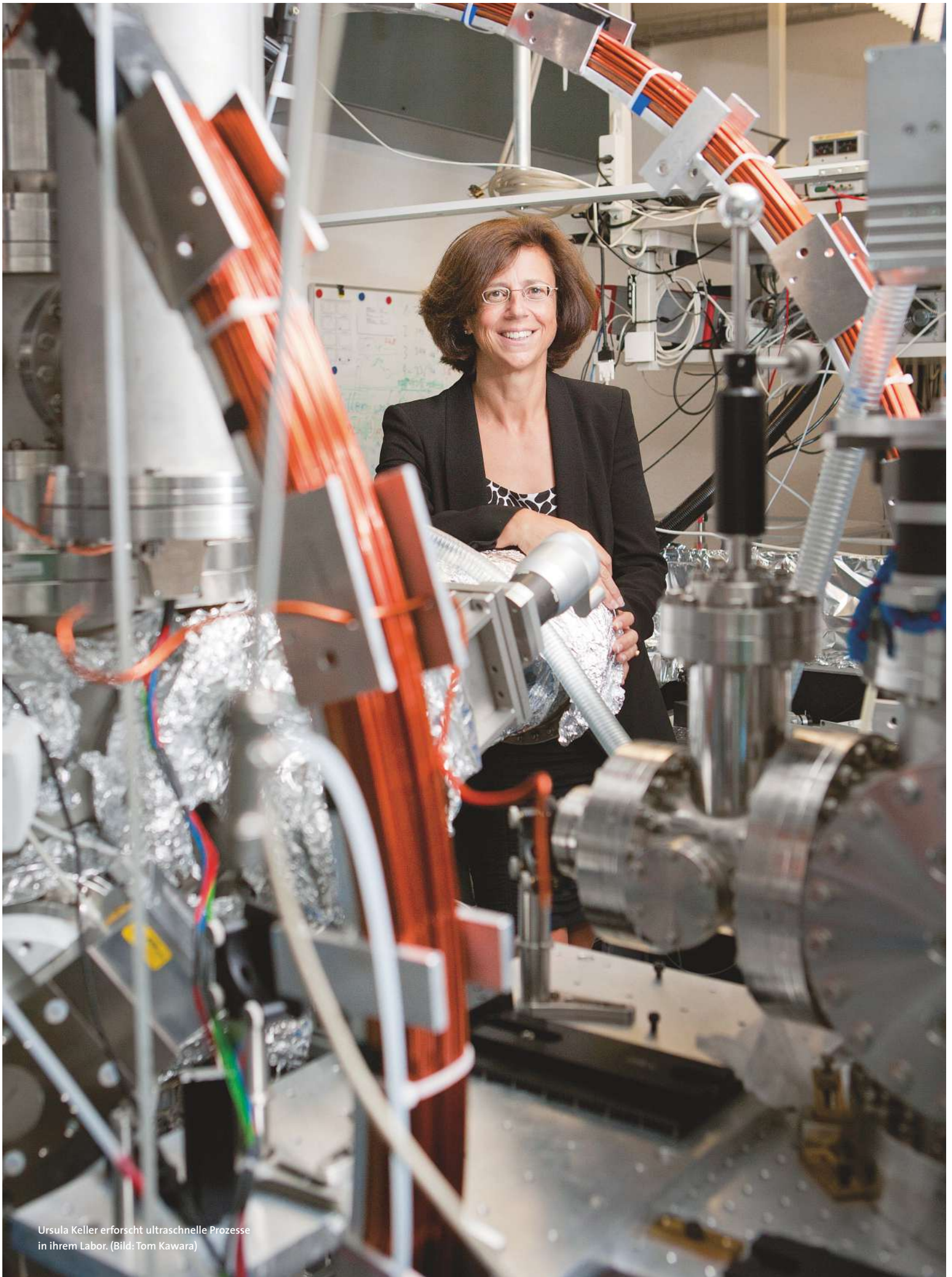
Die UNO hat 2011 zum Jahr der Chemie erklärt. Dazu finden in der ganzen Schweiz öffentliche Veranstaltungen statt. ETH-Chemiker, Materialwissenschaftler und der Fachbereich Chemie-Biochemie (FCB) der Universität Zürich sind im Raum Zürich engagiert.

Ein Höhepunkt ist am 18. Juni 2011 in Zürich der «Tag der Chemie» mit Veranstaltungen auf dem ETH-Campus Hönggerberg und auf dem Campus Irchel der Universität Zürich.

Details zu den Programmen:

→ www.chemistry2011.ch

→ www.chab.ethz.ch



Ursula Keller erforscht ultraschnelle Prozesse
in ihrem Labor. (Bild: Tom Kawara)

«Kein Mann will gegen eine Frau verlieren!»

Ursula Keller ist passionierte Physikerin. Ihr Weg zur Professorin war teils mit patriarchalischen Stolpersteinen gepflastert. Doch sie hat dabei gelernt, für ihre Ziele zu kämpfen, und lässt sich auch von schwierigen Forscherkollegen nicht mehr unterkriegen.

Samuel Schläfli

Ursula Keller hat geschafft, wovon viele junge Akademikerinnen träumen: Sie ist Professorin, leitet eine 26-köpfige Forschungsgruppe und hat in angesehenen Zeitschriften wegweisende Publikationen in ihrem Fachgebiet, der Optoelektronik, veröffentlicht. 2001 wurde sie in ihrem Gebiet gar zur weltweit drittmeistzitierten Wissenschaftlerin zwischen 1990 und 2000 gekürt. Heute ist die Professorin zudem Leiterin des nationalen Kompetenzzentrums «NCCR MUST»; eines vom Bund finanzierten Forschungsprogramms in den ultraschnellen Wissenschaften, mit Beteiligung von 16 Forschern aus der ganzen Schweiz. Gleichzeitig ist Keller Mutter von zwei Kindern und repräsentiert ein kleines Stück Geschichte der ETH Zürich: Sie war 1993 die erste Professorin, die in den mathematischen Wissenschaften an die ETH Zürich berufen wurde.

Räumliches Vorstellungsvermögen

Dass sie es einst zur international zitierten Professorin schaffen würde, hatte sich Keller in ihrer Kindheit nie träumen lassen. Ihr Vater war Mechaniker und Betriebsleiter in einem KMU; die Mutter kümmerte sich zu Hause um die drei Kinder. Beide Elternteile hatten nie studiert. Ursula Keller hätte wahrscheinlich eine Lehre als Chemielaborantin begonnen, wäre da nicht die Berufsberaterin gewesen. Die war nach einem Intelligenztest so vom räumlichen und geometrischen Vorstellungsvermögen der Schülerin verblüfft, dass sie dem Vater ans Herz legte, seine Tochter ins Gymnasium zu schi-

cken. Ganz anders der Klassenlehrer: Er betonte die Schwäche seiner Schülerin in den Sprachen und hätte damit um ein Haar ihren Übertritt ins Gymnasium verhindert. Heute glaubt Keller, dass sich der Lehrer in seiner Autorität untergraben fühlte. «Ursi» hatte nämlich den Klassenkameradinnen an der Tafel regelmässig den Lösungsweg für geometrische Aufgaben aufgezeichnet, wenn er nicht mehr weiterwusste.

Damals, 1975, als sie ans Gymnasium kam, hatte Keller drei Dinge gelernt, die sie ein Leben lang begleiten würden. Erstens: Ihr logisches Denken und die Fähigkeit, komplexe Zusammenhänge in kürzester Zeit zu verstehen, werden ihr ein Schlüssel für viele Türen im Leben sein. Zweitens: Man muss kämpfen, um sich gegen Männer durchzusetzen, die sich durch die Intelligenz einer Frau bedroht fühlen. Und drittens: Man braucht im Leben Förderer, die an einen glauben. Einen solchen fand die spätere Physikstudentin an der ETH Zürich in Professor Fritz Kurt Kneubühl, der ihr mit seinen Kontakten zu einem ersten Aufenthalt im Ausland verhalf. Während nämlich ihre Mitschüler nach dem Gymnasium erst einmal Indien oder Südamerika bereisten, war für ihren Vater klar: Reisen und Studieren schliessen sich gegenseitig aus. Keller schwor sich, nach dem Studium so schnell wie möglich ins Ausland zu verschwinden. Kneubühl ermöglichte ein Zwischenjahr an der Heriot-Watt University in Schottland. Danach erhielt Keller ein Fulbright Fellowship, ein begehrtes Stipendi-

um für aussichtsreiche Nachwuchsforscher. Sie hatte die Wahl zwischen fünf Universitäten und entschied sich am Ende für die Stanford University in Kalifornien.

You can do it!

Keller erinnert sich gerne an ihre Amerika-Jahre: «Dieses Gefühl, zu den Auserwählten zu gehören, die auf diesem wunderschönen Campus studieren dürfen, war unglaublich.» In Stanford gab es auch bedeutend mehr Frauen an der Hochschule als in Zürich, wo sie während des Studiums die einzige Frau gewesen war. «Während mir in der Schweiz oft gesagt wurde, was ich als Frau alles nicht erreichen kann, hiess es in den USA immer: «You can do it!»» Doch nicht nur die Frauen, auch die Männer erschienen ihr damals selbstbewusster und attraktiver in Amerika: Ihren Ehemann, einen Amerikaner, lernte sie in Stanford kennen. Nach dem gemeinsamen Doktorat führte das frisch vermählte Paar eine «bi-costal marriage»: Sie arbeitete in den AT&T Bell Laboratories an der Ostküste in New Jersey, während er seinen Traumjob in einem Start-up-Unternehmen im Silicon Valley an der Westküste fand. Man traf sich fortan auf Konferenzen um den gesamten Erdball oder an verlängerten Wochenenden in Kalifornien.

An den AT&T Bell Laboratories, einem der weltweit grössten Anbieter von Kommunikationstechnologie, entwickelte Keller das sogenannte SESAM Device, einen nicht linearen Halbleiterspiegel, mit dem gewöhnliche Laser zu solchen mit kurzen Pulsen umgebaut werden können. Damit warf sie eine während 20 Jahren gültige Theorie, die eine solche Modulation eines Festkörperlasers für unmöglich befand, über den Haufen. Der Weg für eine ganze Reihe von neuen Technologien war geebnet. Kurzgepulste Laser werden heute in der Medizin, Kommunikationstechnologie und Materialbearbeitung verwendet. «Die Entdeckung war für

meine Karriere eine kleine Goldmine. Jeder weitere Fortschritt war total neu und liess sich entsprechend publizieren», resümiert Keller. Mit dem ersten Ruhm kam aber auch die Missgunst. «Als Frau ist es schwierig, bei seinen männlichen Kollegen Anerkennung zu finden – kein Mann will gegen eine Frau verlieren.» Keller musste lernen, für ihre Anerkennung zu kämpfen, selbst wenn Forscherkollegen teils mit unfairen Mitteln spielten und ihr die Forschungserfolge streitig machten.

Professorin mit 34

Auch an der ETH in Zürich hatte man von den Erfolgen der Ex-Studentin gehört. Nach vier Jahren in der Industrie erhielt Keller einen Anruf aus der Schweiz. Professor Maurice Rice vom Physikdepartement erkundigte sich, ob Keller eine Professur für experimentelle Physik übernehmen wollte. Keller lachte erst einmal laut und fragte: «Wissen Sie überhaupt, wie alt ich bin?» Professoren waren für sie damals noch grau melierte, ältere Herren. Kein Umfeld, in das eine 34-jährige Frau passt, die bis vor Kurzem noch mit einem alten Station Wagon mehrmals quer durch die USA gefahren war. Das Angebot der ETH war am Ende aber derart verlockend, dass auch ihr Mann in einen Umzug in die Schweiz einwilligte – trotz seiner Faszination für den Unternehmerteil im Silicon Valley.

Obwohl Keller schon lange den Wunsch nach einer eigenen Familie verspürte, wollte sie in Zürich erst einmal die vier Jahre von der ausserordentlichen zur ordentlichen Professorin abwarten. Falls es mit der Erfüllung des Kinderwunsches nicht mehr klappen sollte, könnte sie auch ohne Kinder glücklich sein, war sie überzeugt. Mit 38 brachte Keller ihren ersten Sohn Matthew zur Welt. Zehn Wochen nach der Geburt stand die Professorin wieder fünf Tage die Woche im Labor. Sie verstand nicht, weshalb sie die einzige Person hätte sein sollen, die auf ihr Kind aufpassen kann. «Schliesslich gibt's einen Vater, der das genauso gut kann, und Kinderkrippen für eine ganz-tägige Fremdbetreuung.» Zwei Jahre später kam Christopher zur Welt. Keller suchte nach ganzwöchigen Krippenplätzen, organisierte Betreuung, wenn die Kinder wieder einmal krank wurden, und pendelte zwischen Labor, der Tagesbetreuung und dem Zuhause. Ihre

männlichen Kollegen am Institut zweifelten damals, ob sie den Spagat zwischen Familie und Lehrstuhl schaffen würde. Unterstützung dafür wurde ihr keine angeboten. «Natürlich war es manchmal hart, und natürlich war ich oft müde. Aber ich bin eine Kämpfernatur; ausgebrannt war ich deswegen nie.» Keller baute ihre «Ultrafast Laser Physics Group» auf und richtete die Forschung neu auf die Entwicklung einer Attosekunden-Uhr aus, zum Messen von ultraschnellen Vorgängen im Nanometerbereich. Unter anderem führte die «Uhr», die heute ein ganzes Labor ausfüllt, zu neuen Erkenntnissen beim quantenmechanischen Phänomen der Tunnelionisation. Erst vor wenigen Wochen erschien dazu in «Nature Physics» ein weiterer, viel beachteter Artikel.

Entdecker müssen nicht abschalten

Ursula Keller nimmt sich an diesem Montagmorgen des Zürcher Sechseläutens viel Zeit für ein ausgedehntes Gespräch; den Nachmittag wird sie durcharbeiten. Das dürfe man durchaus auch als persönliche Verweigerung eines urpatriarchalischen Brauchs verstehen, sagt sie. Zudem wartet noch viel Arbeit, weil sie Ende der Woche mit ihrer Familie auf die Insel Bonaire vor Venezuela fliegen wird. Dort frönt die Familie Keller ihrem gemeinsamen Hobby, dem Windsurfen. Sie freut sich auf die Abwechslung, doch Abschalten müsse sie nicht. Es könne durchaus sein, dass sie am Strand auf ihrem iPad zwischendurch auch wissenschaftliche Papers lese. Sich auf ihren bisherigen Lorbeeren auszuruhen ist nicht Kellers Ding: «Wir Forscher sind Entdecker; die nächste grosse Erkenntnis könnte schon im kommenden Experiment stecken.»



Ursula Keller, Professorin am Institut für Quantenelektronik der ETH Zürich. (Bild: Tom Kawara)

Zur Person

Ursula Keller ist seit Oktober 1993 Professorin in Experimentalphysik am Institut für Quantenelektronik der ETH Zürich. Nach einem Physikstudium an der ETH Zürich forschte sie an der Heriot-Watt University in Edinburgh und an der Stanford University in Kalifornien. Danach arbeitete sie vier Jahre lang in den AT&T Bell Laboratories in New Jersey, bevor sie zur Professorin berufen wurde. Kellers Forschungsgruppe für Kurzzeitlaserphysik erforscht ultraschnelle Prozesse im Bereich von Femtosekunden (10^{-15} s) bis Attosekunden (10^{-18} s). Mit einer Attosekunden-«Stoppuhr» mit extrem kurzen Laserpulsen will sie unter anderem das Geheimnis des physikalischen Tunneleffekts lüften und grundlegende Fragen des Ladungs- und Energietransportes auf atomarer Ebene beantworten. Keller ist zusammen mit Thomas Feuer von der Universität Bern federführend beim nationalen Forschungsschwerpunkt «Molecular Ultrafast Science and Technology» (MUST), an dem 15 Schweizer Forschungsgruppen beteiligt sind. Darin werden neue Technologien entwickelt, um ultraschnelle Vorgänge beobachten und erforschen zu können. Keller hat mehr als 310 Publikationen in wissenschaftlichen Zeitschriften veröffentlicht und ist im Besitz von 17 Patenten. Sie ist Mitglied der Schweizerischen Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW), der Deutschen Akademie Leopoldina und der Royal Swedish Academy of Sciences und wurde mit mehreren Preisen ausgezeichnet. Keller ist Mitgründerin des von ihrem Mann geführten High-Tech-Unternehmens «Time-Bandwidth Products».

Ursula Kellers Forschungsgruppe im Internet:
→ www.ulp.ethz.ch

«Wird FuturICT zu Ihrer Zukunft, Herr Helbing?»

Interview: Peter Rüegg

Dirk Helbing: Wir glauben daran, dass unser Projekt den Wettbewerb um EU-Fördergelder für Flagship-Projekte gewinnen wird. Es braucht dieses Projekt. Eine Milliarde Euro klingt nach viel Geld - doch es gab bis jetzt noch nichts Vergleichbares im Bereich Informations- und Computertechnologie (ICT), und die Herausforderungen der Menschheit müssen jetzt entschlossen angegangen werden.

Welche Herausforderungen?

Noch immer liegt uns die Finanzkrise schwer im Magen. In der arabischen Welt gibt es einen Umbruch, der die Weltkarte und die Machtverhältnisse verändern kann. Wie sich Japans Katastrophe langfristig auf die Welt auswirkt, kann man auch noch nicht sagen. Zudem gibt es langfristige Trends wie Globalisierung, demografischer Wandel oder die Klimaerwärmung. Diese Herausforderungen sind nur unter grössten Mühen zu bewältigen.

Was wird FuturICT zur Lösung dieser Probleme beitragen können?

Man darf sich das nicht so vorstellen, dass wir einen Supercomputer haben, der eine Weile vor sich hinrechnet und dann eine Antwort gibt, was zu tun ist. Wir wollen ein Instrument entwickeln, das hilft, Dinge zu beurteilen, bei denen Intuition und Erfahrung nicht ausreichen, eine Art Flugsimulator für sozioökonomische Fragen. Mit unserer Plattform lassen sich Handlungskonsequenzen und -alternativen erkunden, Feedback- und Kaskadeneffekte sowie unerwünschte Nebenwirkungen von Entscheidungen besser beurteilen.

Wir werden virtuelle Varianten unserer belebten Welten erschaffen, mit denen man alternative Zukunftsvisionen ausprobieren kann, zum Beispiel verschiedene Finanzarchitekturen. Damit kann man sich bewusster entscheiden, welche Variante man wählen möchte. FuturICT schafft also eine bessere Entschei-

dungsgrundlage, während es den Entscheidungsträgern ihre Kompetenzen nicht streitig macht. Die Plattform soll überdies nicht nur für die Reichen und Mächtigen da sein, sondern für alle, so wie heute alle E-Mail und Internet nutzen können.

FuturICT wird riesige Datenmengen auswerten. Welche Risiken könnten davon ausgehen?

Wir haben einen eigenen ethischen Forschungsbereich geplant, der sich intensiv mit Risiken der Datennutzung auseinandersetzt. Heute fehlen Technologien, die öffentliche, private und wirtschaftliche Interessen gleichermaßen berücksichtigen. Da wir sehr besorgt sind um den Schutz der Privatsphäre, werden wir neue Technologien entwickeln, um die Privacy zu verbessern. Wir nennen dies «privacy respecting data mining».

Demnächst eröffnet an der ETH Zürich das Risk Center. Wird das für FuturICT eine Rolle spielen?

Auf jeden Fall. Um systemische Risiken zu erforschen, braucht es genau solche Exzellenzzentren. Das Risk Center ist vorbildlich: Es hat Kollegen aus sechs verschiedenen ETH-Departementen an Bord. Das ist einzigartig.

Wäre das Risk Center in der Lage, eine kleinere Version von FuturICT durchzuführen, falls das Geld von der EU nicht kommt?

Aus meiner Sicht sind die globalen Probleme zu gross, um von einer einzigen Universität oder einem einzigen Land bewältigt werden zu können. Man muss das beste Wissen zusammenschließen. FuturICT baut deshalb auf mehreren Exzellenz-Clustern auf. Insofern braucht es Institutionen wie das Risk Center. Vergleichbare Institutionen werden derzeit auch in anderen Ländern wie Israel, Italien oder Grossbritannien aufgebaut.



Dirk Helbing, Professor für Soziologie an der ETH Zürich. (Bild: Giulia Marthaler)

Zur Person

Der Soziologe Dirk Helbing, Professor für Soziologie und Mitglied des neuen Risk Center an der ETH Zürich, bewirbt sich als Co-Projektleiter mit Steven Bishop vom University College London mit dem Projekt «FuturICT» um eine Milliarde Euro, die im Rahmen der EU-Flagship-Initiative zu Informations- und Computertechnologie für die Jahre 2013 bis 2023 in Aussicht gestellt wurde. Das Konsortium will eine neue Vorhersage- und Modellierungsplattform aufbauen, mit der unter anderem komplexe globale Systeme simuliert und verschiedene Varianten virtuell durchgespielt werden können. Dadurch soll es möglich werden, Ergebnisse zu erzielen, anhand derer man bessere Entscheidungen fällen kann. Für «FuturICT» sind neuartige Computer- und Informationstechnologien zu entwickeln, die unter anderem auch die Datensicherheit gewährleisten und die Privatsphäre besser schützen. FuturICT führt zahlreiche Forschungsgruppen aus ganz Europa zusammen. Mit dem Risk Center realisiert die ETH Zürich mit Unterstützung von Donatoren ein weltweit einmaliges Zentrum für Risikomanagement. Im Risk Center werden die komplexen Zusammenhänge möglicher Risiken in der modernen Gesellschaft erforscht.

→ www.futurict.eu

Eine Brücke zum Markteintritt

Immer wieder finden wissenschaftliche Ergebnisse nicht den Weg in die Wirtschaft, weil sich nicht klären lässt, wie praxistauglich sie sind. Die Pioneer Fellowships schliessen diese Lücke. Alexander Hasse gehört zu den Ersten, die von dem Förderinstrument profitieren.

Felix Würsten

Es ist eine kühne Idee: Ein Flugzeug mit verformbaren Flügeln, ähnlich wie diejenigen eines Vogels, die dem Flugzeug in jedem Moment zum richtigen Auftrieb verhelfen. Mit Flügeln also, die ohne Klappen und Drosseln auskommen und trotzdem so sicher sind wie die Konstruktionen, die heute auf der ganzen Welt routinemässig eingesetzt werden. Genau diese Vision treibt Alexander Hasse an. Läuft alles nach Plan, dann wird er mit seinen Ideen, die er seit gut drei Monaten mit Hilfe eines Pioneer Fellowship an der ETH Zürich konkretisiert, dazu beitragen, dass sich der Flugzeugbau grundlegend verändern wird.

Raffinierte Struktur, einfache Steuerung

Zugegeben: Die Idee, die Alexander Hasse so begeistert, ist nicht wirklich neu. Schon die Gründerväter der Fliegerei, die Gebrüder Wright, verfolgten diesen Ansatz, als sie mit ihren tollkühnen Maschinen abhoben. Mit einem raffinierten System gelang es ihnen, die Form der Flügel zu verdrehen und damit das Fluggerät überhaupt erst steuerbar zu machen. Doch als die Fluggeschwindigkeiten zunahm, erwies sich die Vorrichtung schnell als wenig praxistauglich. Deshalb begannen die Ingenieure, starre Flügel zu bauen, bei denen der Auftrieb mit Hilfe von Ruderklappen reguliert wird.

Die Idee der verformbaren Flügel liess die Flugzeugbauer dennoch nicht mehr los. Inzwischen gibt es eine ganze Reihe von Patenten, wie man verformbare Flügel bauen könnte. Ihnen gemeinsam ist, dass sie sich bis heute nicht durchsetzen konnten. Der Grund: Sie sind zu kompliziert. Denn sie versuchen, die Flügel mit mehr oder weniger aufwendigen Steuerungen zu verformen. Das macht die Flügel nicht nur störungsanfälliger, sondern auch schwerer und

wartungsintensiver. Inspiriert von seinem Betreuer Flavio Campanile, Leiter der Gruppe Smart Materials and Structures an der Empa Dübendorf, verfolgt Alexander Hasse daher einen ganz anderen Ansatz: Sein Konzept sieht vor, die heutigen starren Stützen in den Flügeln durch Verbindungen aus verformbaren Materialien zu ersetzen. Da ein Flügel seine Form während des Flugs nicht beliebig verändern muss, sondern sich nur zwischen zwei verschiedenen Zuständen hin und her bewegen soll, müssen die Verbindungen so angeordnet werden, dass am Ende eine Bewegung mit einem einzigen Freiheitsgrad resultiert. Im Idealfall kann der Flügel mit einer einzigen Steuerung zwischen den beiden gewünschten Endzuständen hin und her bewegt werden. Auf diese Weise könnte man einen verformbaren Flügel bauen, der ohne aufwendige Mechanik die Kontrolle oder gar eine Optimierung der aerodynamischen Lasten ermöglicht.

Computer berechnet optimale Form

So einleuchtend das Prinzip ist: Der Teufel steckt auch hier im Detail. Wie die verformbaren Verbindungen angeordnet werden müssen und wie sie überhaupt auszusehen haben, lässt sich so ohne Weiteres nicht voraussagen. Das Kartonmodell, das Alexander Hasse beim Gespräch zur Illustration des Funktionsprinzips vorlegt, deutet bereits an, dass das angestrebte Verhalten des Flügels tatsächlich nur mit einer sehr exotisch anmutenden Konstruktion erreicht werden kann. Die überraschend leichte Bauweise hat Alexander Hasse nicht etwa durch jahrelanges Ausprobieren herausgefunden, sondern mit einem eigens dafür entwickelten Computerprogramm berechnet.

Genau dieses Computerprogramm, ist Hasse überzeugt, wäre beim Flugzeugbau ein ideales

Werkzeug, um verformbare Flügel zu entwerfen und weiterzuentwickeln. Doch ob die akademisch ansprechende Arbeit auch die Fachleute in der Praxis zu überzeugen vermag, ist heute noch alles andere als gewiss. Zum Beispiel müsste Alexander Hasse zeigen können, dass das Modell nicht nur für zweidimensionale Fälle die richtige Lösung findet, sondern auch bei dreidimensionalen realen Flugzeugflügeln die korrekte Struktur zu berechnen vermag. Genau diesen Nachweis will Alexander Hasse nun in den nächsten knapp anderthalb Jahren erbringen. Dazu wird er mit seinem Programm eine reale Flügelstruktur berechnen und aufgrund der Resultate ein etwa anderthalb Meter grosses physisches Modell bauen. Dieser Prototyp soll dann in einem Windkanal an der ETH Zürich seine Tauglichkeit unter Beweis stellen. Gelingt dem jungen Ingenieur dieses Vorhaben, hat er gute Aussichten, mit seinem Ansatz in der Praxis Fuss zu fassen.

Realisierbarkeit aufzeigen

Dass Alexander Hasse diese Arbeit nun an der ETH Zürich durchführen kann, verdankt er einem sogenannten Pioneer Fellowship, das er als einer der Ersten zugesprochen bekam. Ziel des neuen Talentförderprogramms, das die ETH Zürich im letzten Jahr lanciert hat, ist es, innovativen Projekten wie denjenigen von Hasse zum Durchbruch zu verhelfen. Es handelt sich um Vorhaben, die aus einer wissenschaftlichen Arbeit heraus entstanden sind und für die Industrie potenziell von Interesse sein könnten, deren konkrete Realisierbarkeit aber noch zu unsicher ist, um sie mit den bestehenden Förderinstrumenten, etwa der KTI oder der Privatwirtschaft, zu unterstützen.

«Die Pioneer Fellowships dienen dazu, das sogenannte «Tal des Todes» zu überwinden, das vielen interessanten Ideen zum Verhängnis wird», erklärt Matthias Hölling, Gruppenleiter Spin-offs bei ETH Transfer. Denn entscheidend für den Erfolg einer Unternehmensidee ist oft nicht nur die Erfindung selbst, sondern die rasche Umsetzung am Markt.

Konkret werden die Pioneer Fellows durch Zuwendungen von privaten Förderern an die ETH Zürich Foundation finanziert, welche mit Mitteln



Alexander Hasse präsentiert das Modell eines Flugzeugflügels. Der Flügel soll während des Flugs optimal an aerodynamische Bedingungen angepasst werden. (Bild: Tom Kawara)

der ETH Zürich und der Hasler Stiftung ergänzt werden – über zwölf bis 18 Monate hinweg mit einem Förderbeitrag von rund 150 000 Franken. Bei der ersten Ausschreibung erhielten fünf Bewerber ein Stipendium zugesprochen. Nun gilt es, das neue Programm innerhalb der ETH bekannt zu machen. Das begrüsst auch Hölting: «Wenn man die Kandidaten anschaut, die in der ersten Runde zum Zuge kamen, dann sind das alles hochmotivierte Leute», stellt er fest. «Und bei fast allen zeichnet sich ab, dass sie nach Ablauf des Grants eine eigene Spin-off-Firma gründen werden.»

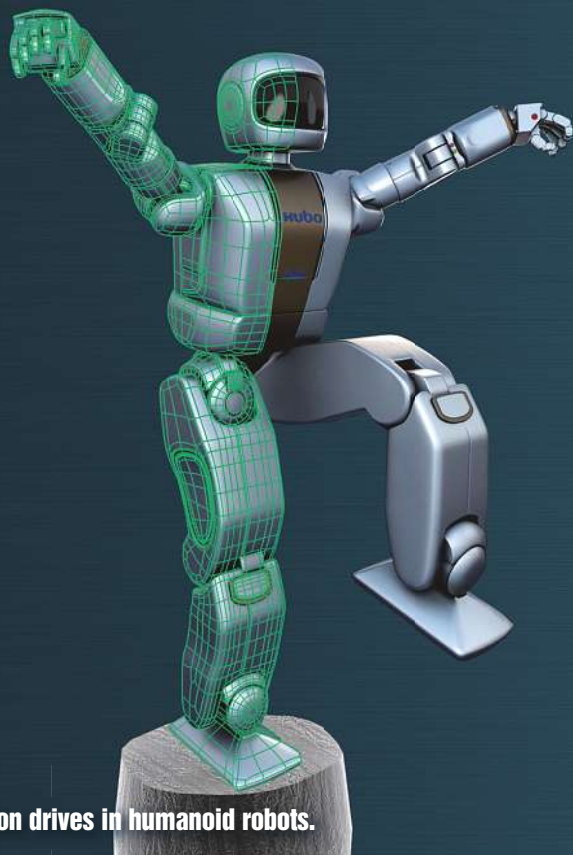
Unbürokratische Vergabe

Alexander Hasse hat die Vergabe des Stipendiums als sehr unbürokratisch erlebt. «Das Pioneer Fellowship gibt mir sehr viele Freiheiten»,

erzählt er begeistert. Es sei für ihn sehr motivierend, in dieser Phase des Projekts in der Gruppe von Paolo Ermanni, Professor für Strukturtechnologien, zu arbeiten. Auch wenn der konkrete Nachweis noch aussteht, ist Alexander Hasse überzeugt, dass er mit seinem Ansatz in der Praxis bestehen wird.

Ausführliche Informationen zu den ETH Pioneer Fellowships finden sich unter:
→ www.vpf.ethz.ch/services/pioneergrants/index

Weitere Informationen zur Förderinitiative Pioneer Fellowships: Nora Regli, Projektleiterin
ETH Zürich Foundation: Tel: 044 633 91 28,
E-Mail: nora.regli@ethz-foundation.ch
→ www.ethz-foundation.ch



maxon drives in humanoid robots.

When it really matters.

Humanoid robots also rely on our drive systems. They are used, for instance, in hand, arm, hip and leg joints, where they enable service robots to move precisely in the real world, not only in the movies.

The maxon product range is built on an extensive modular system, encompassing: brushless and brushed DC motors with the ironless maxon winding, planetary, spur and special gearheads, feedback devices and control electronics.

maxon motor is the world's leading supplier of high-precision drives and systems of up to 500 watts power output. Rely on the quality of the highly specialized solutions which we develop with and for you.
www.maxonmotor.com

maxon motor
driven by precision

Von Handständen und Weltraumflügen

Ob Testgeräte für Astronauten oder einzigartige Bilder aus dem Körperinneren: Die Forschungsfelder der Biomechaniker an der ETH Zürich waren und sind so vielseitig wie in kaum einer anderen Wissenschaft. Zum 50jährigen Jubiläum der Biomechanik wirft ETH Globe einen Blick zurück.

Christine Heidemann



Zu Beginn interessierten sich die Biomechaniker vor allem für die Mechanik menschlicher Bewegungen – etwa bei einem Handstand. (Bild: ETH Zürich)

Den Tag, an dem der Anruf kam, wird Hans Gerber so schnell nicht vergessen. Es war Anfang Februar 1993. Was dann folgte, gehört für den Wissenschaftler, der sich selbst als «zum Inventar gehörig» bezeichnet, zu den Highlights seiner mittlerweile 32-jährigen Karriere am Institut für Biomechanik der ETH Zürich.

Der Anruf kam von der Europäischen Weltraumbehörde ESA: Es gebe doch da eine Maschine an der ETH, mit der man bestimmte Muskeleigenschaften messen könne. Und ob sich diese Maschine nicht für den Einsatz im Weltraum umbauen lasse. «Von da an ging es blitzartig», erinnert sich Hans Gerber an diese aufregende Zeit.

Doch bevor der 61-jährige Experte für Messtechnik verrät, was im Detail geschah, nimmt er den gespannten Zuhörer zunächst mit zurück ins Jahr 1961. Damals begann die Geschichte des heutigen Instituts für Biomechanik – quasi mit einem Handstand. Denn der erste Leiter und Gründer des Instituts, Jürg Wartenweiler, interessierte sich leidenschaftlich für die Mechanik menschlicher Bewegungen. Und da es damals weder ein biomechanisches Labor noch ein solches Institut gab, funktionierte der Physiker kurzerhand sein Büro in der Abteilung für Naturwissenschaften der ETH um und motivierte Mitarbeitende dazu, Handstände zu machen, damit er den Bewegungsablauf studieren konnte.

Eine neue Kombination

Jürg Wartenweilers Interesse für sportliche Bewegungen kam nicht von ungefähr. Zum einen hatte die ETH damals den Auftrag, Turn- und Sportlehrer auszubilden. «Es ging ursprünglich darum, junge Leute fit fürs Militär zu machen», erklärt Hans Gerber. Wie trainiert man am besten Kraft und Ausdauer? Was sollte man überhaupt trainieren? Zum anderen begannen Wissenschaftler Ende der 1950er, Anfang der 1960er Jahre generell damit, den menschlichen Körper bei sportlicher Betätigung zu erforschen. Jürg Wartenweiler vertrat dabei die Ansicht, dass die physikalischen Gegebenheiten, in die der Körper hineinwächst, bestimmend sind für alle Bewegungsabläufe. Die Forschung müsse daher «von den physikalischen Aspekten ausgehen und dann sukzessive diejenigen Phänomene mit einbeziehen, die anatomisch, physiologisch und psychologisch denkbar sind». Damit war die Idee geboren, biologische und physikalische Aspekte miteinander zu kombinieren – sprich: Biomechanik

zu betreiben. Entsprechend seinen Grundsätzen unterrichtete Jürg Wartenweiler ab dem Sommersemester 1958 an der ETH das Fach «Bewegungslehre», das 1973 in «Biomechanik» umbenannt wurde. Im gleichen Jahr gründete er die «International Society of Biomechanics» und wurde deren erster Präsident.

Bis Anfang der 1980er Jahre stand der Sport im Mittelpunkt des Interesses der Biomechaniker an der ETH. So waren sie unter anderem beteiligt an der Entwicklung des Torsion-Sportstuhls, den die Firma Adidas erfolgreich auf den Markt brachte. Das Besondere daran: Die natürliche Fussbewegung wird durch eine spezielle Sohle unterstützt. «Die Entwicklung dieser Sohle kommt massgeblich von uns», sagt Hans Gerber.

Vom Sport zur Medizin

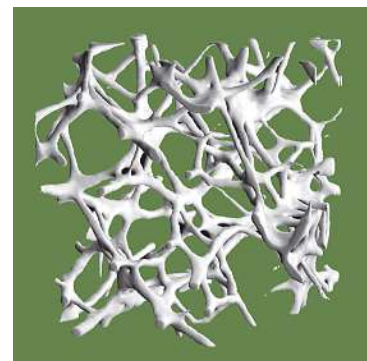
Nach dem plötzlichen Tod Jürg Wartenweilers 1976 leitete zunächst Benno Nigg das Labor, bevor er einem Ruf an die kanadische University of Calgary folgte und durch Edgar Stüssi abgelöst wurde. Unter dessen Führung avancierte das Labor nicht nur zum offiziellen Forschungsinstitut der ETH; es änderte auch seine Ausrichtung – vom Sport hin zur Medizin. Denn Stüssi interessierte sich vor allem für die Stabilität von Knochen und das Krankheitsbild der Osteoporose. Beide Themen sind bis heute Forschungsschwerpunkte des Instituts, das seit Stüssis Emeritierung im Jahr 2008 von Ralph Müller geleitet wird – einem der Pioniere auf dem Gebiet der Mikro-Computertomografie. «Für mich ist der Wandel vom Sport zur Medizin ein Gewinn», sagt Biomechaniker-Urgestein Hans Gerber. Einen Sportler verbessere man durch die Forschung vielleicht um einige Minuten. Einem Patienten dagegen ver helfe man zu mehr Lebensqualität. Dennoch seien es gerade jener Mix aus Sport und Medizin und die interdisziplinäre Zusammenarbeit von Biologen, Medizinern, Physikern, Elektro- und Maschinenbauingenieuren, die die Arbeit so spannend machten.

Biomechanik hebt ab

«Apropos Spannung», kommt Hans Gerber dann auf den geheimnisvollen ESA-Anruf zurück. Resultat der Angelegenheit war die Arbeit für gleich zwei Missionen ins All: die russische MIR-Mission im Jahr 1995 und die amerikanische Spacelab-Mission 1996. Denn die Russen wollten herausfinden, wie schnell sich Knochen bei langen Aufenthalten in der Schwerelosigkeit abbauen. Und die Amerika-



Astronaut Richard M. Linnehan testet 1996 in dem an der ETH entwickelten Gerät, wie stark sich Muskeln im All abbauen. (Bild: NASA)



Die Knochenstruktur eines Osteoporose-Patienten – sichtbar gemacht mit modernster Mikro-Computertomografie. (Bild: Ralph Müller / ETH Zürich)

ner interessierte, warum die Muskeln ihrer Astronauten im Weltraum mit der Zeit schwächer werden. Daher suchten sie geeignete Maschinen, mit denen sich die Knochen beziehungsweise Muskeln der Astronauten im All vermessen lassen. Und diese fanden sie an der ETH. «Wir mussten die Maschinen innerhalb kürzester Zeit weltraumtauglich machen, die Astronauten trainieren und ihnen während des Flugs vom wissenschaftlichen Kontrollzentrum aus für Fragen zur Verfügung stehen.» Stundenlang könne er von dieser turbulenten Zeit erzählen, beendet Hans Gerber seine Reise in die 50-jährige Geschichte der Biomechanik. Und verweist zum Abschluss stolz auf eine Tafel an seiner Bürowand – mit den Unterschriften aller von ihm und seinem Team betreuten Astronauten.

→ www.biomech.ethz.ch

Der Preis des Erneuerbaren



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

Es gibt niemanden, der ernsthaft bestreitet, dass erneuerbare Energien unsere Zukunft sein sollten. Kann der Mensch mit dem Gedanken des «Erneuerbaren» aber überhaupt sinnvoll umgehen? Unser Kolumnist hat seine Zweifel und plädiert für eine vergessene Tugend.

Es ist durchaus schwierig, mit bestimmten Fragestellungen dieser Tage durchzukommen. Alle sind sich einfach zu einig. Keine Sorge: ich liefere an dieser Stelle jetzt nicht den x-ten Querkopfbeitrag à la «Atomenergie ist eigentlich doch ganz nett» oder Ähnliches. Nein, es hat durchaus seine berechnete Bewandnis mit der Energiewende, und man brauchte gar nicht erst nach Japan schauen, um die Dringlichkeit dieser Wende zu erkennen. Erneuerbare Energien waren eigentlich schon immer ein Konsensthema. Wenn man mal durch die Chronik der Berichterstattung über die erneuerbaren Energien des letzten Jahrzehnts blättert bzw. klickt, merkt man schnell, dass es eigentlich niemanden gab, der erneuerbare Energien nicht irgendwie förderungswert fand, ihren Stromanteil verdoppeln, verdreifachen, vervierfachen wollte.

Nun gut: es gab da nicht selten die Skepsis, ob man mit Sonne, Wasser und Wind auch genug Geld verdienen könne. Sieht man davon aber einmal ab, dann bestand das einzige «Kontra» in dieser Debatte eigentlich darin, dass wir technologisch eben noch nicht «so weit» seien, dass die Leistungsfähigkeit der erneuerbaren Energien noch zu wünschen übrig liesse, Millionenstädte sehr schnell im Dunkel verschwänden und so fort. Also: es ist gewollt, aber noch nicht gekonnt. Aber gewollt ist gewollt.

Das Bewusstsein, das sich in all den Artikeln, Aktionen und Förderprogrammen ausspricht, ist ein Zukunftsbewusstsein. Erneuerbare Energien sollen die Zukunft sein, sie sollen die Zukunft beherrschen und uns vor dem Schlimmsten behüten. Die Werbeanzeigen der Stromanbieter mit über sattgrüne Almen galoppierenden Kleinfamilien vor knallblauem Himmel und Windrädern im Hintergrund – das sind Zukunftsbilder:

so soll es einmal sein, am besten schon morgen. Und angesichts der umlaufenden Bilder von explodierenden Atomkraftwerken und auf unabsehbare Zeit verstrahlten Landstrichen scheint das tatsächlich die wünschenswertere Alternative zu sein.

Allerdings gehört zu solchen Zukunftsszenarien ja nicht nur eine technologische Perspektive, sondern immer auch eine ethische. Und da darf man sich vielleicht auch einmal fragen, ob sich ein Mensch, der in einer Welt lebt, die ganz und gar vom Gedanken der «Erneuerbarkeit» durchdrungen ist, sich nicht doch ganz und gar anders verhalten wird als wir. Natürlich wird er das. Er wird zwar den ganzen atomaren Restmüll von uns erben, verschont bleibt er dafür aber von jenem schlechten Gewissen, das unseren Umgang mit der Steckdose seit einigen Jahrzehnten begleitet.

Zu wissen, dass Energie wahlweise sehr bald knapp oder mit einem maliziösen Restrisiko behaftet sein würde, hat uns zwar nicht wirklich sorgsamer mit der Stromversorgung umgehen lassen. Aber immerhin wussten wir, dass die eigentliche Antwort auf die Energiefrage auch in dem schlichten Wort «Verzicht» gesucht und gefunden werden konnte. Diese berühmten Formeln wie «wenn alle Schweizer ihre Stand-by-Geräte ausschalten würden», «wenn alle Schweizer den Kehrbesen statt dem Staubsauger benutzen würden» – die werden dem Menschen von morgen äusserst befremdlich vorkommen.

Gewiss, wir kannten diese Sprüche alle nur, um niemals auch nur einen von ihnen zu beherzigen. Aber wir hatten sie und damit so eine ungefähre Vorstellung davon, dass der Mensch dem zivilisatorischen Fortschritt zuliebe mitunter auch dazu gezwungen sein könnte, seine Probleme über den Verzicht auf das Machbare zu lösen. Wenn die Energie eines Tages sauber, erneuerbar, angstlos verfügbar sein wird, dann braucht es nicht viel Phantasie, um sich vorzustellen, dass wir da einen Verschwendertypus sondergleichen kostenfrei mitproduzieren. Und vielleicht ist es auch die Sehnsucht nach gewissenloser Verschwendung, die uns das Zeitalter der erneuerbaren Energien so herbeisehnen lässt. Ich hielt Verzicht eigentlich für den spannenderen Gedanken.

Einladung zum öffentlichen Dialog

Die Energiezukunft nachhaltig gestalten

Als eines der führenden Länder im Bereich Innovation und Technik spielt die Schweiz eine wegweisende Rolle bei der nachhaltigen Gestaltung der Energiezukunft. Die ETH Zürich kann dabei dank ihrer breiten und interdisziplinären Ausrichtung eine fundierte und ganzheitliche Perspektive aufzeigen. Mit dieser Veranstaltung möchte die ETH Zürich ihr Wissen aus erster Hand einem breiten Publikum vorstellen und einen Beitrag zur aktuellen Energiedebatte leisten.

Freitag, 2. September 2011

Hauptgebäude der ETH Zürich

15:00 Uhr **Stand der Energieforschung**

Referate von ETH-Forschenden zu den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen und Technologien. Anschliessend stellen sich die Referenten den kritischen Fragen von Fachleuten aus Wirtschaft und Politik.

18:00 Uhr **Referat von Bundesrätin Doris Leuthard
zu den Handlungsoptionen für die Schweiz**

Anschliessend findet eine Podiums- und Publikumsdiskussion mit Vertreterinnen und Vertretern aus Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und Gesellschaft statt.

Die Veranstaltung ist öffentlich und kostenlos. Die beiden Programmteile können einzeln besucht werden. Bitte melden Sie sich ab 1. Juli an unter www.energiegesprach.ethz.ch

Scientifica¹¹

Zürcher Wissenschaftstage

26. bis 28. August 2011

Hauptgebäude der Universität Zürich und der ETH Zürich

Öffnungszeiten: Freitag 17 bis 22 Uhr, Samstag 13 bis 20 Uhr, Sonntag 11 bis 16 Uhr

Was die Welt antreibt

Entdecken Sie die faszinierende Welt der Wissenschaft und gewinnen Sie einen Einblick in die aktuelle Forschung. Besuchen Sie die Ausstellung und die Kurzvorlesungen, wo Sie mehr über die Antriebskräfte für unseren Geist, unseren Körper und die Gesellschaft erfahren. Stellen Sie den Forschenden Ihre Fragen und erleben Sie die Darbietungen auf der grossen Bühne.

www.scientifica.ch



Medienpartner:

ETH Zürich



Universität
Zürich^{UZH}

FM 93.6
RAD10
Nur für Erwachsene