

Medizin der Zukunft

- Wie ETH-Forscher schonendere Therapien entwickeln
- Wo Physiker und Ärzte gemeinsame Sache machen
- Was medizinischer Fortschritt bringt





security intelligence wanted

Ihnen werden Eigendynamik, Pioniergeist und ausgeprägte Initiative nachgesagt? Sehr gut, denn genau diese Qualitäten stehen im Einklang mit der unkonventionellen und jungen Firmenkultur der Open Systems.

Open Systems konzipiert, entwickelt und betreibt Sicherheitsdispositive in über 70 Ländern und berät multinational operierende Unternehmen im Bereich IT- und Netzwerksicherheit.

Sie verfügen über einen Hochschulabschluss oder eine vergleichbare Ausbildung und sprechen sowie schreiben Deutsch und Englisch. Ihre starken Seiten finden sich in folgenden Bereichen:

- **Kenntnisse relevanter Internet und Intranet Protokolle (HTTP, SSL, SMTP, SSH, DNS, DHCP, BGP, OSPF, CSS, XML, Javascript, etc.)**
- **Erfahrung mit Linux und/oder Sun Solaris einschliesslich aller netzwerkverwandten Applikationen**
- **Kenntnisse der Skript-Sprachen, wie Perl, Bourne-Shell, etc.**
- **Umgang mit Kunden als Account Manager**
- **Erfahrung im Umgang mit Dienstleistungen in den Bereichen Infrastruktur- und Perimetersicherheit**

Im Rahmen der Mission Control Operation sind Sie in ständigem Kontakt mit internationalen Organisationen und Teams. Sie arbeiten an diversen Web Entwicklungs- und/oder Service Engineering Projekten mit und unterhalten die resultierende Software in produktiven Umgebungen.

Frau Anja Knapp erwartet gerne Ihre Bewerbung per Post oder Email: jobs@open.ch



mission control™
security services

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



8



22



42

Inhalt

5 ETH Persönlich

6 ETH Brennpunkt

Forschung für Medizin – «The perfect Match»

8 Dossier Medizin der Zukunft

8 Wenn Ingenieure heilen – Mit High Tech zu sanfteren Therapien

22 Von der Orange zum Gehirn – Die Erfolgsgeschichte der Magnetresonanz

25 Scannen bis zum Morgengrauen – Ein Augenschein im MRI-Zentrum

28 Was bringt der Fortschritt? – Ein Gespräch mit zwei Forschern und einem Ethiker

32 Das Ganze verstehen – Wilhelm Krek über den Nutzen der Systembiologie

34 Pharmaforschung – Eine Unternehmerin und ein Forscher über ihre Rollen

39 ETH Projekt

39 Untereinander vernetzen, nach aussen verlinken

42 Science City als Sustainable City

44 ETH Partner

44 ETH Foundation: Das Konzept beginnt zu greifen

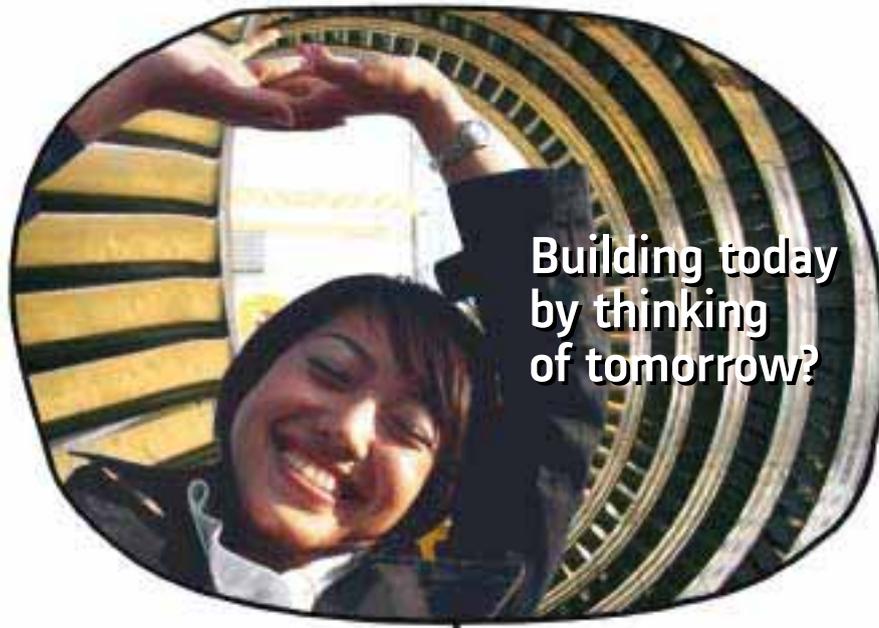
46 ETH Alumni: Wiedersehen an der ETH

48 ETH Input

48 Medien

49 Treffpunkt

50 Nachgefragt



Building today
by thinking
of tomorrow?

Yes!!!

Yes, your ideas can contribute to conciliate development and respect of the environment at Alstom, 65,000 employees in 70 countries. As a global provider of rail transport, power generation and emission reduction technology, project management is at the heart of every contract we sign. Being committed to economic, social, and environmental sustainability takes us one step further. If you have an international outlook, discover more on our website.

www.careers.alstom.com

we are shaping the future

ALSTOM



01_ Markus Gross
02_ Peter Seeberger
03_ Andreas Fischlin



Kluge Köpfe

01_Lernhilfe Dybuster

Manchmal ist eigene Betroffenheit der Anstoss zu einem erfolgreichen Projekt. Eine Forschungsgruppe um ETH-Informatikprofessor Markus Gross hat in Zusammenarbeit mit dem Neuropsychologischen Institut der Universität Zürich ein neuartiges, computerbasiertes Therapie- und Lernkonzept für Legasthenie entwickelt. Markus Gross, geistiger Vater des Projekts, kennt die Lese- und Schreibschwäche persönlich gut, da sein Sohn Legasthener ist. «Ich habe meinen Sohn auf seinem Leidensweg begleitet und konnte dabei sein Fehler- und Lernverhalten studieren. So ist die Idee zu Dybuster entstanden», erläutert der ETH-Professor den Ursprung seines Programms. Die erste Version hat er selbst geschrieben.

Das Gehirn von Legasthenikern ist häufig nur begrenzt fähig, lange Symbolsequenzen wie zum Beispiel Texte korrekt abzuspeichern. Legastheniker haben aber oft einen ausgeprägten Sinn für andere Informationskanäle, und das macht sich das Programm zunutze. Dybuster arbeitet mit Assoziationen. Buchstaben werden mit Farben, Formen und Tönen kombiniert. Ziel ist, dass Legastheniker durch die visuellen und akustischen Verknüpfungen Wörter schneller und nachhaltiger lernen. Beim Wort-Lernspiel wird beispielsweise ein Wort vorgesprochen, dazu die Farben und Formen grafisch dargestellt und die Wortmelodie abgespielt. Das Wort muss dann über die Tastatur korrekt eingegeben werden.

In einer aktuellen Studie mit rund 80 Kindern konnten verblüffende Resultate erzielt werden. Kinder mit Legasthenie, die mit Dybuster trainierten, machten durchschnittlich 24,7% weniger Fehler, bei den bekannten Wörtern waren es sogar über 32%. //

02_Zuckerforscher ausgezeichnet

Geduld und Hartnäckigkeit zahlen sich aus. Dies durfte unlängst Peter Seeberger erfahren. In jahrelanger Feinarbeit haben der Professor für organische Chemie und sein Team eine automatische Synthese-Maschine für Kohlehydrate entwickelt. Diese hilft dabei, neuartige synthetische Impfstoffe gegen Krankheiten wie Malaria, Aids, Milzbrand oder Tuberkulose zu entwickeln. Jetzt wurde der Forscher dafür mit dem mit 750 000 Euro dotierten Körber-Preis für Europäische Wissenschaft der Hamburger Körber-Stiftung geehrt. Seeberger sieht darin auch eine Bestätigung für die ausgezeichnete Arbeit seines Teams. «Es ist ein Ansporn für Forscher an den Hochschulen, an den sehr realen Problemen der Entwicklungsländer zu arbeiten und zu helfen, wichtige medizinische Probleme der Ärmsten der Welt anzugehen», sagt er.

Seeberger forscht an der Schnittstelle zwischen Biologie und Chemie. Ihn interessieren komplexe Zucker, sogenannte Oligosaccharide. Jede Zelle ist mit einem für sie typischen Pelz aus Zuckerketten und -ästen umhüllt. Anhand dieser Glykane erkennen Zellen einander. Auch Bakterien, Viren und Pilze machen anhand des Zuckerpelzes bestimmte Körperzellen ausfindig, um diese dann zu befallen. Um einen Impfstoff zu entwickeln, müssen Forscher wissen, welche typischen Glykane auf den Erregerzellen sitzen. Anschliessend werden Glykane künstlich hergestellt und mit einem harmlosen Protein verbunden. Bisher dauerte es oft monatelang, um im Labor einen komplexen Zucker zu synthetisieren. Seebergers Maschine schafft das gleiche in weniger als einem Tag, was die Entwicklung enorm beschleunigt. //

03_Einsatz fürs Weltklima

Andreas Fischlin ist derzeit ein gefragter Mann: Zeitungen, Radio, Fernsehen, alle wollen vom Leiter der Fachgruppe Terrestrische Systemökologie erfahren, wie sich das Klima in den kommenden Jahrzehnten verändert. Als einziger erstverantwortlicher «Coordinating Lead Author» der Schweiz hat der ETH-Dozent am zweiten Teil des Uno-Weltklimaberichts des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) mitgearbeitet.

Er war hauptverantwortlich für das Kapitel über Ökosysteme. Dessen wichtigstes Fazit: Steigen die Temperaturen global gegenüber heute um weitere 1,5 bis 2,5 °C, sind 20 bis 30 Prozent aller Arten vom Aussterben bedroht. Die Aussagen stützen sich auf über 3100 wissenschaftliche Papers aus den unterschiedlichsten Disziplinen. Das ganze Kapitel ging viermal in Nachbearbeitung zu Hunderten von Wissenschaftlern aus aller Welt. «Ich habe erst unglaublich viel gelesen, dann unglaublich viel geschrieben und zum Schluss unglaublich viel verhandelt», scherzt der Biologe und Systemanalytiker.

In der Endphase waren 80-Stunden-Wochen die Regel. Seine Motivation: «Die Wissenschaft ist dazu verpflichtet, vernünftige Entscheidungsgrundlagen zu liefern.» Denn Ruhm und Ehre gibt es für den grossen Einsatz kaum. In wissenschaftlichen Papers werden die IPCC-Autoren nicht namentlich zitiert. Auf die Schreiarbeit folgten nächtelange Diskussionen in Brüssel, wo über Ostern die Zusammenfassung des Berichts verabschiedet wurde. Fischlin war positiv überrascht: «Die USA waren sehr konstruktiv; nur Saudi-Arabien, China und Russland waren etwas mühsam.» //

ETH am Puls: Gesundheit & Technologie

→ Öffentliche Veranstaltungen

Herausragende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler unterschiedlicher Fachrichtungen leisten an der ETH Pionierarbeit für die moderne Medizin, die auf wissenschaftlicher Exzellenz und komplexer Hightech aus den Ingenieur- und Naturwissenschaften basiert. Mit einer Reihe öffentlicher Veranstaltungen gewährt die ETH Zürich interessante Einblicke in Forschungsfragen, die das Leben von morgen prägen. Forschung zum Miterleben (Auswahl):

→ Wie Infektionskrankheiten entstehen

Von der Wechselwirkung zwischen Viren, Bakterien und Wirten; Kurzvorlesungen und Laborbesuche; 17. Juni, Treffpunkt Science City, ETH Zürich, Campus Hönggerberg

→ Eventdays Luzern

Erlebnisausstellungen und Spezialführungen der Bewegungswissenschaften im Rahmen der laufenden Ausstellung «Alpenqueren»; 26.–28. Juni und 21.–24. Oktober, Verkehrshaus der Schweiz, Luzern

→ Von Opiumpfeifen, Arzneidrogen und Chemie-Nobelpreisen

Einblicke in Chemie und Pharmazie der letzten 100 Jahre, Abendführung Arzneipflanzengarten; 14. August, ETH Zürich, Campus Hönggerberg

→ Hightech in der Medizin

Einweihung der neuen Forschungseinheiten für Bio Imaging; geplant im August in Zürich

→ Researchers Night

Interaktionsstände, Kurzpräsentationen, Show und Unterhaltung im Rahmen der «Langen Nacht der Museen» in Zürich; 1. September, ETH Zürich Zentrum

→ 20 Jahre Umweltwissenschaften

Erlebnistage mit Ausstellungen und Interaktionsständen im Rahmen des 20-Jahr-Jubiläums der Umweltwissenschaften; 3.–4. November, ETH Zürich

www.eth-am-puls.ethz.ch

Forschung für Medizin – «The perfect Match»

Aus einer vor 150 Jahren auf Initiative der lokalen Maschinenindustrie gegründeten Ingenieurschule ist die heutige ETH als eine der weltweit führenden technischen Hochschulen hervorgegangen. Chemie und Physik, Biologie und Umweltnaturwissenschaften, Informatik und Nanotechnologie sind Bereiche, die im Lauf der Jahrzehnte zu den Ingenieurwissenschaften dazugekommen sind und sich zu tragenden Disziplinen entwickelt haben. Gleichzeitig nähern sich Ingenieurwissenschaften und Life Science immer mehr einander an. Am gleichen Standort hat sich die Universität Zürich entwickelt mit einer medizinischen Fakultät, die zu den Top Ten in Europa gehört. Die Zürcher Universitätskliniken haben einen hervorragenden internationalen Ruf als medizinische Spitzeninstitutionen. Die Zukunft der Medizin hängt aber von Innovationen ab und damit von einer starken Forschung in Grundlage und translationalen Bereichen.

Starke Nachbarschaft

Seltsamerweise war die Interaktion von ETH und Universität Zürich in der Vergangenheit bis in die Neunzigerjahre oft eher von Konkurrenz als von enger Zusammenarbeit geprägt. In den letzten 15 Jahren hat sich glücklicherweise das Gewicht stark Richtung Zusammenarbeit verschoben. Das Bekenntnis beider Hochschulleitungen zum Primat «Forschungsplatz Zürich» und zu einer gemeinsamen Position im internationalen Wettbewerb stellt eine entschei-

dende Grundlage für diese Entwicklungen dar. Eine einmalige Chance zu Kooperationen mit grossem Gewinn und Mehrwert – eine wahre Win-win-Situation – bietet sich im Bereich Medizin. Die Forschungsgruppen, Institute und Departemente der ETH bieten ein breites und hoch innovatives Spektrum von Befunden und Instrumenten, vom Engineering von Molekülen über die molekulare Profilierung von Gewebebestandteilen und Körperflüssigkeiten bis hin zu neuen Methoden der Bildgebung und Trainingsmaschinen für die Rehabilitation. Viele dieser Forschungsrichtungen sind relevant für eine Medizin der Zukunft. Als grosse Universitätsklinik bietet die medizinische Fakultät der Uni Zürich Möglichkeiten zur Anwendung neuer diagnostischer und therapeutischer Verfahren in breitem Ausmass. Fruchtbare Zusammenarbeiten zwischen ETH und medizinischer Fakultät existieren zurzeit unter anderem in den Bereichen bildgebende Verfahren, Neurowissenschaften, metabolische Krankheiten/Diabetes und Immunologie/Mikrobiologie.

Gemeinsam mit der Wirtschaft

Die direkte Forschungszusammenarbeit an gemeinsamen Projekten wird dabei häufig ergänzt durch den Aufbau gemeinsamer Technologie-Plattformen, gemeinsame Ausbildungsprogramme auf Bachelor-, Master- und Doktoratsstufe und die Gründung neuer Forschungsgruppen und Professuren. Wirt-



Martin Schwab kann als Leiter des Zentrums für Neurowissenschaften auf jahrelange erfolgreiche Zusammenarbeit in der medizinisch orientierten Forschung bauen. (Foto: Zoé Tempest)

schaftskooperationen sind häufig Teil solcher Projekte. So ist zum Beispiel Zürich der wichtigste Forschungs- und Entwicklungsstandort für Philips, einen der drei grössten Hersteller medizinischer MR-Geräte. Novartis, Roche, Serono und eine Reihe kleinerer Biotech-Firmen sind aktiv beteiligt an den oben genannten Projektbereichen. Der Austausch mit der Industrie ist mehrfach komplementär. So können nicht nur wissenschaftliche Erkenntnisse in medizinische Anwendungen umgesetzt werden, es entstehen auch Arbeitsplätze für junge Wissenschaftler und Ingenieure ausserhalb der Hochschulen, und der Forschungs- und Technologiestandort Schweiz kann dadurch entscheidend gestärkt werden.

Nun gilt es, die bestehenden Stärken weiter auszubauen. Dazu gehören auch Projekte, die Grundlagen-, Ingenieur- und klinische Forschungsgruppen räumlich zusammenführen. Ein solches Projekt ist der «Neurotower», der zurzeit geplant wird als Neubau am Universitätsspital in der zukünftigen «Wissenschafts-

«Die Zusammenarbeit von ETH mit Universität und den Unikliniken Zürich bietet einmalig gute Voraussetzungen, um die Medizin der Zukunft zu gestalten.»

meile». Er wird das Klinische Neurozentrum (USZ) mit den Forschungsgruppen der ETH und der Universität (Zentrum für Neurowissenschaften Zürich, ZNZ) und einem Brain Imaging Center in einem Gebäude vereinen. Andererseits gilt es, für neue Gebiete, in denen zurzeit an der ETH starke innovative Impulse entstehen, zum Beispiel im Bereich Proteomik/Bioinformatik, Materialwissenschaften oder Robotik, Partnerschaften und Anwendungsbereiche in der Medizin zu erschliessen. Eine solche Entwicklung hat enormes Zukunftspotenzial allein dadurch, dass der Gesundheitsbereich weltweit als einer der grössten nachhaltigen wirtschaftlichen Wachstumsbereiche gilt. Es ist eine Tatsache, dass wir für sehr viele Krankheiten auch heute noch keine optimalen, zum

Teil sogar überhaupt keine Therapien haben. Das Feld für Forschung und Innovation in der Medizin ist noch sehr gross, und der Bedarf ist riesig. Eine Bündelung der Kräfte und der spezifischen Stärken von ETH und universitärer Medizin in Zürich erscheint hier als perfect Match. //

Martin E. Schwab

Professor für Neurowissenschaften und Direktor des Zentrums für Neurowissenschaften von Universität und ETH Zürich

📄 www.neuroscience.ethz.ch



Hightech für sanfte Medizin

Die ETH bildet keine Mediziner aus – aber Naturwissenschaftler und Ingenieure, ohne deren Arbeit die Entwicklung immer besserer Therapien nicht vom Fleck käme. Sechs Beispiele für disziplinenübergreifendes Forschen auf höchstem Niveau.

Texte: Conny Schmid, Martina Märki Fotos: Zoé Tempest

Die Ziele der medizinischen Forschung sind klar gesteckt: Die Therapien und Diagnoseverfahren sollen immer genauer, zielgerichteter und sanfter, die Instrumente dafür stets kleiner und präziser werden. Minimal-invasive Techniken und individualisierte Behandlungsmethoden sind nicht nur wohlklingende Schlagworte, sondern aktueller weltweiter Trend in der Medizin. Dahinter steht die Idee, kranke Menschen möglichst schnell und mög-

lichst schonend zu heilen, was letztlich auch Kosten spart. Für die Umsetzung dieser Ziele sind längst nicht mehr nur Mediziner gefragt. Ingenieure, Regeltechniker, Materialwissenschaftler, Chemiker, Systembiologen und Forscher aus vielen weiteren Disziplinen tragen wesentlich zur Entwicklung moderner medizinischer Methoden bei. Dies illustrieren auf den folgenden Seiten sechs Beispiele aus der aktuellen Forschung an der ETH Zürich.





Der Impulsgeber

Dank Thierry Keller und seinem Team lernen Paraplegiker und Hirnschlagpatienten wieder gehen und greifen. Die Neuroprothesen, die der ETH-Forscher entwickelt, sind Weltspitze.

Zuerst ist nur ein leichtes Kribbeln zu spüren. Es wird schnell stärker und unangenehmer, und plötzlich hebt sich mein Handgelenk nach oben. Dann biegen sich die Finger nach hinten, Sekunden später krümmen sie sich nach vorne. Jetzt ist die Hand in Greifposition – nicht willentlich, sondern ferngesteuert von einem kleinen Gerät, einem Stimulator, der elektrische Impulse sendet und so meine Muskeln in Bewegung setzt. Ein eigenartiges Gefühl. Thierry Keller grinst, betätigt einen gelben Druckknopf, und das Ganze geht von vorne los.

Seit rund 12 Jahren forscht der Elektroingenieur am Institut für Automatik in enger Zusammenarbeit mit der Uniklinik Balgrist und der auf Muskelstimulationsgeräte für Sportler spezialisierten Compex Médical SA an sogenannten Neuroprothesen. Diese können unterbrochene Verbindungen zwischen Rückenmark und Muskelnerven künstlich überbrücken. Das Funktionsprinzip ist im Grunde einfach: Um die Greiffunktion einer Hand auszuführen, werden vier Elektroden auf den Unterarm geklebt und mit einem Stimulator elektrische Impulse gesendet. Der Strom von etwa 18 Milliampere regt die peripheren Muskelnerven an, die das Rückenmark mit dem jeweiligen Muskel verbinden. Der Impuls löst dort ein Aktionspotenzial aus, die Muskeln kontrahieren sich. Der genaue Ablauf und die Stärke der Impulse werden vorher auf eine Chipkarte programmiert, die sich in den Stimulator stecken lässt. Die nötige Stärke und Frequenzen der zu sendenden Impulse unterscheiden sich von Mensch zu Mensch. Auf der Chipkarte lassen sich individuelle Programme speichern, sodass der gleiche Stimulator für mehrere Patienten eingesetzt werden kann.

Wichtige Hilfen bei der Rehabilitation

Funktionelle Elektrostimulation (FES) nennt sich dieses Fachgebiet, das Elektroingenieurstechnik und Medizin vereint. Im Bereich der Oberflächenstimulatoren ist Kellers Team weltweit führend. Keller wurde 2006 ins Board of Directors der International Functional Electrical Stimulation Society (IFESS) gewählt. Aus-

serdem war die Forschergruppe Finalistin am KTI Medtech Award 2006. Einen Menschen zu «regeln», anstatt einer Maschine ist es, was Thierry Keller besonders an FES fasziniert. Und natürlich die Tatsache, damit Kranken helfen zu können. Denn was Sportler als zusätzliche Trainingsmöglichkeit nutzen, kann für Menschen mit Muskelatrophie oder Lähmungserscheinungen ein wahrer Segen sein. Thierry Keller holt seinen Laptop hervor und zeigt einen kurzen Film, worin ein Querschnittgelähmter sich mit Hilfe von Neuroprothesen selbständig rasiert. Auch andere Erfolge konnte Keller erzielen. So waren zwei Tetraplegiker der Klinik Balgrist nach einer zweimonatigen Trainingsphase mit Kellers Neuroprothesen in der Lage, selbständig zu telefonieren oder sich ein Glas Wasser einzugießen und zu trinken. Wunder sind von Neuroprothesen jedoch keine zu erwarten: «Die Natur ist sehr komplex, die Nachahmungsmöglichkeiten der Technik sind begrenzt.» Die Bewegungsabläufe, welche die Elektrostimulatoren ermöglichen können, sind im Vergleich zu den natürlichen Mustern sehr grob. «Wir sind weit davon entfernt, etwa gezielt einzelne Finger bewegen zu können», so der Forscher. Die Neuroprothesen sind jedoch wichtige Hilfen bei der Rehabilitation von Hirnschlagpatienten. So lassen sich Hirnareale für neue Aufgaben trainieren, wenn die ursprünglich dafür vorgesehenen ausgefallen sind. Keller entwickelte mit der gleichen Technik auch Gehhilfen. Diese Stimulatoren sind ein gutes Mittel, um bei Paraplegikern allenfalls noch funktionstüchtige Muskeln im unteren Körperbereich zu trainieren. Wirklich wieder gehen können aber nur Patienten mit einer teilweisen Lähmung der Beine oder einer Halbseitenlähmung. Komplette gelähmte Patienten benötigen in der Regel nach wenigen hundert Metern eine längere Ruhepause. «Weil wir mit unserer Technologie Nervenfasern synchron aktivieren, müssen wir mit vergleichsweise hohen Frequenzen stimulieren. Dies lässt die Muskeln viel schneller ermüden», erklärt Keller.

Ziel: Neuro-Handschuhe in Serie

Die grösste Schwierigkeit bei der Anwendung von Kellers Neuroprothesen liegt jedoch darin, die richtigen Punkte für die Platzierung der Elektroden zu finden. Je genauer die richtigen Nerven stimuliert werden, desto gezielter lassen sich einzelne Muskeln ansprechen, desto feiner und natürlicher werden die Bewegungsabläufe. Dafür wären aber mehr als bloss vier Kanäle nötig. Zugleich ist es für viele Patienten sehr mühselig, nur schon vier Elektroden richtig zu platzieren. Keller und sein Team arbeiten im Rahmen eines KTI-Projekts deshalb an einer neuen Art von Neuroprothesen. In Kooperation mit Compex und der Bischoff Textil AG entwickeln die Forscher einen Handschuh aus einem speziellen Textil mit rund 60 aufgestickten Elektroden. Die vier Kanäle des Stimulators laufen zuerst über einen Multiplexer, der ihre Anzahl verfünffzehnfacht. Die einzelnen Elektroden lassen sich mit einer speziellen Software separat ansprechen. Welche dies für welche Bewegungen sind, wird mit einem eigens dafür entwickelten Gerät gemessen. Die Vorrichtung steht im Labor und wirkt noch etwas pionierhaft. Ziel ist es, die Kräftermessung in den Handschuh zu integrieren. «Die Miniaturisierung erfolgt, sobald alles richtig funktioniert», erklärt Keller. Vorerst existiert nur ein Stoffteil, das sich Kellers Doktorand Marc Lawrence um den Unterarm wickelt. Vom PC wird das Programm gestartet, Lawrences Finger bewegen sich aber nur zaghaf. «Der Vorführeffekt», schmunzelt Keller. Doch das Projekt ist auf gutem Weg. Drei Patente sind bereits angemeldet, bis in zwei Jahren will Keller einen funktionstüchtigen Prototypen haben. Dereinst will der Forscher seine Handschuhe in Serie produzieren, sie individuell programmieren und somit kommerziell nutzbar machen können. Doch bis dahin ist es noch ein weiter Weg. //

Conny Schmid

⌘ <http://control.ee.ethz.ch>

⌘ kellert@control.ee.ethz.ch

⌘ lawrence@control.ee.ethz.ch



Den Krebs an der Wurzel packen

Vor zehn Jahren erkannte Michael Detmar als Erster die wichtige Rolle der Lymphgefäße für die Ausbreitung von Tumorzellen. Seine Forschung an der ETH könnte dereinst verhindern, dass Krebspatienten vergeblich chemotherapiert werden.

«Maximale Wirkung, minimale Nebenwirkung», fasst Prof. Michael Detmar in vier Worten zusammen, wie Tumore künftig bekämpft werden sollten. Die Wege zu diesem Ziel sind freilich vielfältig. Detmar hat einen vielversprechenden Pfad eingeschlagen. Am Institut für Pharmazeutische Wissenschaften forscht der Pharmakogenomiker intensiv an Methoden, welche die Ausbreitung von Krebszellen im menschlichen Körper möglichst früh und möglichst gezielt verhindern sollen. Damit künftig die richtigen Medikamente zum richtigen Zeitpunkt bei den «richtigen» Patienten angewendet werden und Chemotherapien mit starken Nebenwirkungen auf ein Minimum reduziert werden können. Das Schlagwort hierzu lautet «individualisierte Medizin»: Menschen mit unterschiedlichen genetischen Dispositionen reagieren unterschiedlich auf gleiche Medikamente. Kennt man die Gendisposition eines Patienten, lässt sich der Einsatz unwirksamer Medikamente und Therapien oft vermeiden. In Bezug auf die Bekämpfung von Krebs wäre also wichtig zu erfahren, welche Gene durch eine Veränderung allenfalls für seine Entwicklung und Ausbreitung im Körper verantwortlich sind. In Frage kommen etwa 30 000. «Wir suchen die Nadel im Heuhaufen», sagt Detmar.

Das Lymphsystem in den Fokus gerückt

Und das schon lange. Vor rund zehn Jahren hat er – als erster Forscher überhaupt – erkannt, dass es sich hierzu besonders lohnt, die Lymphgefäße genauer zu untersuchen. Diese wurden in der Krebsforschung bis dahin weitgehend vernachlässigt; man konzentrierte sich auf die Blutgefäße, welche für die Versorgung der Krebszellen mit Nährstoffen wichtig sind. In seiner Arbeit, die er an der Harvard Medical School in Boston gemeinsam mit Mihaela Skobe verfasste, machte Detmar anhand von Tierversuchen mit Mäusen eine wichtige Entdeckung. Er erkannte, dass sich Krebszellen nicht nur über die Lymphgefäße ausbreiten, sondern dass diese auch das Wachstum neuer Gefäße, die sogenannte Lymphangiogenese, selber induzieren und die Metastasierung somit sogar noch beschleunigen können. Zwei Jahre lang mussten die Autoren zunächst darum kämpfen, dass ihre Arbeit überhaupt publiziert wurde. Doch seither ist das Interesse am Lymphsystem enorm gewachsen. Es ist mittlerweile eines der heissesten Krebsforschungsgebiete überhaupt. «Plötzlich wollen alle hier arbeiten», sagt er und schmunzelt.

Ausgelöst wird der Befehl zur Bildung neuer Lymphgefäße hauptsächlich vom Eiweiss

VEGF-C. Den Nachweis hierzu erbrachte der Forscher ebenfalls in Versuchen mit Mäusen. Die Tumorzellen von Tieren, deren Gendisposition so verändert wurde, dass sie mehr VEGF-C produzierten, zeigten eine signifikant größere Wahrscheinlichkeit zur Metastasierung. Weitere Experimente belegten, dass sich die Tumorausbreitung stoppen lässt, wenn umgekehrt die Wirkung von VEGF-C gehemmt wurde. Doch was für die Maus gilt, gilt nicht automatisch auch für den Menschen. Detmar und sein Team untersuchten deshalb in den letzten Jahren an der ETH in Zusammenarbeit mit Kliniken aus ganz Europa Tumore von hunderten von Patienten. «Es zeigt sich, dass der gleiche Mechanismus eine wichtige Rolle spielt bei Brust-, Darm-, Prostata- und Hautkrebs», sagt Detmar. Für die Forscher ist nun vor allem interessant, welche Gene die lymphatische Krebsausbreitung auf welche Weise beeinflussen. «Bisher haben wir drei Gene mit bestimmten Polymorphismen identifiziert, die dafür offenbar mitverantwortlich sind. Wir sind nun daran, diese genauer zu untersuchen», erklärt Detmar.

ETH ideal, um Therapien zu entwickeln

Die Forscher suchen intensiv nach den wich-



tigsten sogenannten Targets, den Rezeptoren, an die VEGF-C aber auch andere Wachstumsfaktoren andocken. Kennt man diese Targets, lassen sie sich durch passende Antikörper blockieren, und der Krebs kann gezielt gestoppt werden. Patienten ohne entsprechende Veränderungen im Genmaterial müssten nicht unnötig behandelt werden oder zumindest mit weniger aggressiven Methoden, zumal der Krebs bei ihnen nicht metastasieren wird. Detmar spricht von «tailored therapies», von massgeschneiderten Therapien. Dasselbe kennt man bereits bei den Blutgefässen entsprechende Medikamente für einzelne Krebsarten sind schon auf dem Markt. Weil sich die Krebszellen insbesondere im Fall von Darm-, Brust- und Lungenkrebs aber zuerst über das Lymphsystem ausbreiten, ist die Blockierung dieser Wachstumsfaktoren von besonderem Interesse. Der Krebs liesse sich damit bereits in einer früheren Phase stoppen. Deswegen ist Detmars neuste Erkenntnis von grosser Bedeutung: Unlängst hat er entdeckt, dass der Tumor in den Lymphknoten bereits neue Lymphgefässe induziert, selbst wenn er noch nicht metastasiert hat. Der Krebs bereitet die Lymphknoten sozusagen vor und sendet seine Zellen danach in ein gemachtes Nest. Wird dies

rechtzeitig erkannt, könnte die Bildung von Metastasen verhindert werden. Ziel der Forscher ist es, für jede Krebsart die wichtigsten Targets zu finden, um dereinst passende Medikamente entwickeln zu können.

Die Bedingungen hierfür seien an der ETH ideal, sagt Detmar: «Die interdisziplinäre Zusammenarbeit ist nicht zuletzt durch die räumliche Nähe sehr gut. Dies ist wichtig, um Therapien entwickeln zu können.» Ebenso wichtig sind dabei industrielle Partner. Aktuell bestehen Forschungsk Kooperationen mit mehreren pharmazeutischen Firmen. Bei der Suche nach einem Angiogenesehemmer ergab sich gar ein einträgliches Nebenprodukt. So fanden die Forscher heraus, dass sich der natürliche Hemmer Thrombospondin auch eignet, um durch UV-Strahlen geschädigte Haut zu schützen. Das Resultat dieser Erkenntnis heisst «Shiseido Benefiance» und ist eine Anti-Aging-Crème des Kosmetikunternehmens Shiseido. «Ein hübsches Zufallsergebnis», sagt der Forscher. Doch ihm geht es natürlich um mehr: Seine langfristige Vision ist der Ersatz von Chemotherapien in der Krebsbekämpfung durch gezielte individuelle Therapien. Um daran



weiterforschen zu können, hat Detmar kürzlich sogar ein überaus verlockendes Angebot aus Boston abgelehnt: «Harvard fragte mich als Chairman des Department of Dermatology an.» Doch Detmar bleibt lieber forschend an der ETH. «Ich möchte aufs Forschen nicht verzichten.» //

Conny Schmid

☛ www.pharma.ethz.ch/institute_groups/pharmacogenomics
 ☛ michael.detmar@pharma.ethz.ch

Kleinstroboter, die ins Auge gehen

Wer Bradley Nelson besucht, wähnt sich in einem Science-Fiction-Film: Der ETH-Professor für Robotik und Intelligente Systeme entwickelt Biomikroroboter, die kranke Augen heilen und im Magen aufräumen können.



Erinnern Sie sich an den Film «Fantastic Voyage» von Richard Fleischer? Ein Science-Fiction-Streifen, in dem Wissenschaftler sich selber auf Mikrobengrösse schrumpfen, um per U-Boot im Gehirn eines Kollegen ein lebensgefährliches Gerinnsel zu entfernen. 40 Jahre später kommt man sich im Labor von ETH-Professor Bradley Nelson beinahe vor, als wäre man in dieser 1966 ersonnenen Zukunft angekommen. Der Leiter des Instituts für Robotik und Intelligente Systeme (IRIS) baut sogenannte Biomikroroboter, kleine Maschinchen, die in den menschlichen Körper gespritzt werden können, um dort – gesteuert von aussen – nur schwer erreichbare Orte auszukundschaften und bestimmte Aufgaben zu erfüllen. Vier verschiedene Prototypen haben Nelson und seine Kollegen bereits gebaut. Der Forscher zeigt auf einen kleinen Glasbehälter. Darin befindet sich ein winziges Etwas, ein glitzernder Nickelsplitter, der nicht einmal einen Millimeter lang ist. Bei genauerem Hinsehen ist ein dreidimensionales Schiffchen erkennbar, zusammengesetzt aus mehreren Einzelteilen. Der Kleinstroboter ist magnetisch. «Wir steuern ihn über Magnetfelder, indem wir die Richtung und den Gradienten des Feldes je nach Bedarf verändern», erklärt Nelson.

Zurzeit arbeiten die Forscher an möglichen Anwendungen im Bereich der Netzhautchirurgie. «Die Mikroroboter könnten im Auge den Sauerstoffgehalt messen oder Medikamente injizieren, um verstopfte Blutgefässe zu befreien», sagt Nelson. Beides wäre eine riesige Hilfe für die Ärzte, denn Operationen am Auge, insbesondere an der Netzhaut, sind extrem anspruchsvoll und für den Patienten sehr unangenehm. Vor allem die Messung des Sauerstoffgehalts im Auge durch Mikroroboter sei ein grosses Bedürfnis der Chirurgen. «Ein solches Monitoring würde ihnen die Arbeit beträchtlich erleichtern», weiss Nelson aus vielen Gesprächen mit Fachärzten. Die Messung selber sei relativ einfach: Die Oberfläche des Mikroroboters wird chemisch behandelt mit einem lumineszierenden Stoff, der in Abhängigkeit vom Sauerstoffgehalt stärker

oder schwächer leuchtet. Nach getaner Arbeit könnten die Roboter mit einer Spritze aus dem Auge entfernt werden, so die Idee.

Pioniere auf ihrem Gebiet

Doch all das ist Zukunftsmusik. In ein bis zwei Jahren möchte Nelson mit ersten Tierversuchen starten können. Vorerst kämpfen die Wissenschaftler am IRIS noch mit grundlegenden Problemen. Auf der Mikroskala gelten andere physikalische Gesetze. Festkörper verhalten sich anders in Flüssigkeiten als sie dies normalerweise tun, und auf ihren Oberflächen wirken andere Kräfte als üblich. Der Bau der Roboter im Reinraum machte die Entwicklung neuer, inzwischen patentierter Verfahren nötig. Abgucken konnten die Forscher dafür nirgends. «Es gibt nur sehr wenige, die auf diesem Gebiet arbeiten, denn es gibt nur wenige Orte, an denen so viele Fähigkeiten versammelt sind und einem der Austausch mit Forschern aus anderen Disziplinen so leicht gemacht wird wie hier an der ETH», sagt Nelson. Im Moment sind die Forscher damit beschäftigt, die Kräfte zu messen, welche nötig sind, um Medikamente in Äderchen auf der Netzhaut zu injizieren. Zu viel Druck würde die Äderchen, die so dünn sind wie menschliche Haare, durchstechen oder gar platzen lassen. Zum Testen verwenden die Wissenschaftler ungeschlüpfte, erst wenige Wochen alte Hühnerküken, die nach dieser Zeit ähnliche Blutgefässe entwickeln. Die Forscher schlagen das Ei hierzu auf und brüten es in Petrischalen aus. Noch unklar ist auch, wie die Roboter Heilmittel tragen und injizieren sollen. Denkbar wäre etwa das Anbringen einer Nadel, die ausgefahren werden könnte, wenn der Roboter am richtigen Ort angekommen ist. «Die grösste Herausforderung ist aber mit Sicherheit, all diese Funktionen letzten Endes in ein einziges System zu integrieren», sagt Bradley Nelson.

Roboter räumen den Magen auf

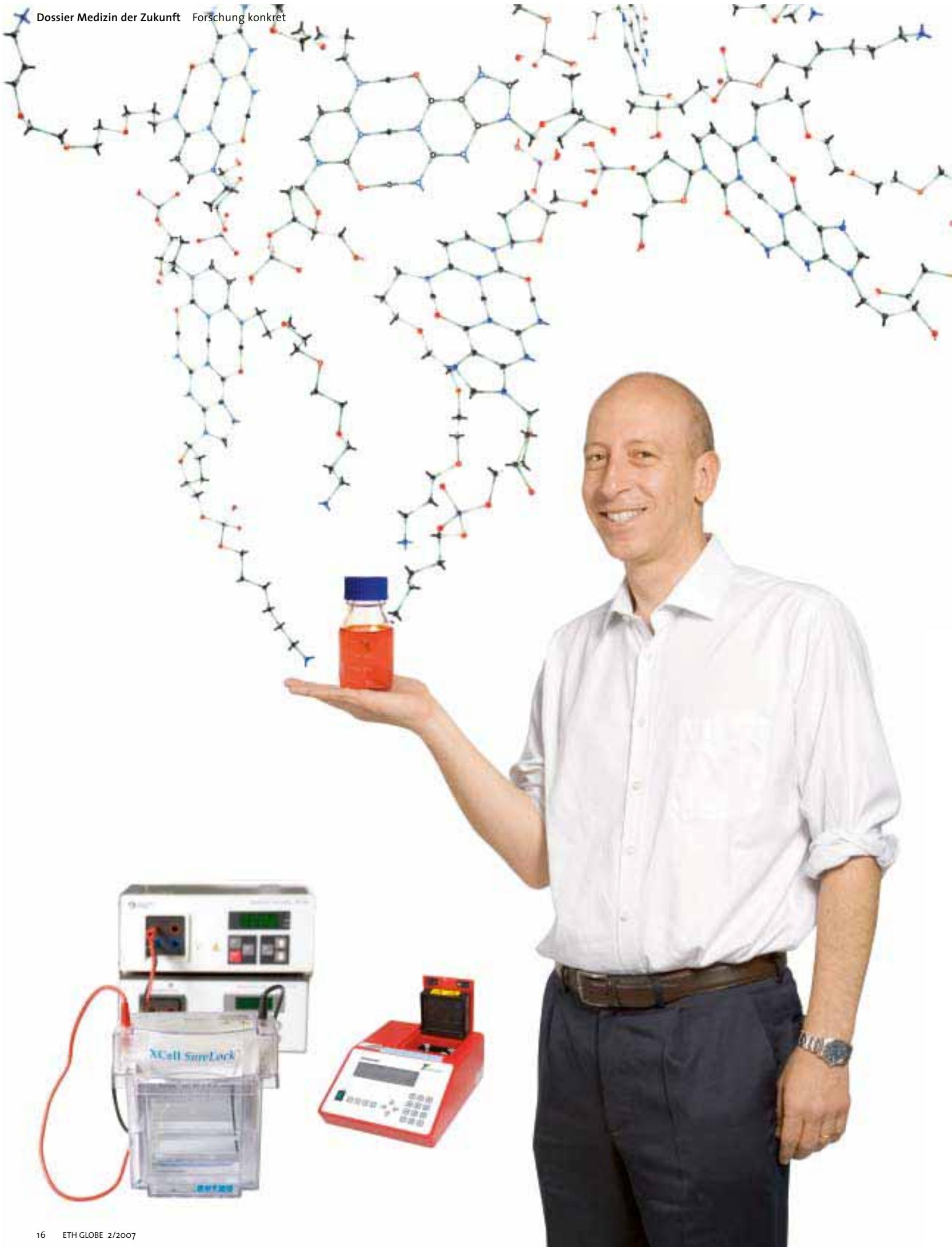
Die vielen Fragezeichen und Schwierigkeiten halten den Forscher jedoch nicht davon ab, bereits neue, noch verrücktere Ideen auszuhe-

cken. Denn die möglichen Anwendungen im Bereich der Augen Chirurgie sind, wie Nelson sagt, «nur die Spitze des Eisbergs». Die Biomikroroboter könnten auch an andere schwierig zu erreichende Orte geschickt werden, etwa ins Hirn oder ins Innenohr. Nelson ist überzeugt, dass seine Mikroroboter die Medizin der Zukunft massiv beeinflussen werden. Im Rahmen eines EU-Projekts ist er daran, eine Roboterpille zu entwickeln. Schon heute ist auf dem Markt eine Kamerapille erhältlich: Eine Kapsel, die eine kleine Kamera mit Batterie enthält und nach der Einnahme den Darmtrakt filmen kann, um Krankheiten zu entdecken. Der Nachteil dieser Pille liegt allerdings darin, dass sie nicht aktiv gesteuert werden kann, sondern dass es weitgehend dem Zufall überlassen bleibt, wie sie sich den Weg durch den Darmtrakt bahnt. Dem Arzt fehlt die Möglichkeit, kritische Stellen genauer und wiederholt zu inspizieren, ohne dass der Patient die Kamerapille mehrmals schlucken muss. Aber auch dann besteht noch die Gefahr, dass die Kamera einfach die falschen Stellen filmt. Ausserdem erspart die Pille nicht zwingend einen Eingriff: Werden krankhafte Veränderungen aufgenommen, so müssen diese ohnehin meist invasiv entfernt werden. «Wir möchten deshalb eine Kapsel entwickeln, die ganze Roboter in ihren Einzelteilen enthält. Sobald sich die Hülle im Magen aufgelöst hat, würden sich die Roboter automatisch selber zusammensetzen und könnten dann bestimmte Aufgaben erfüllen, zum Beispiel krankhafte Teile entfernen», schildert Nelson die Idee. Dass diese Vorstellung bei manchem mulmige Gefühle auslöst und viele ethische Fragen aufwirft, ist dem Forscher klar: «Solche Fragen sind aber im gesamtgesellschaftlichen Zusammenhang zu erörtern und müssen immer in Relation zum potenziellen gesellschaftlichen Nutzen gesehen werden.» //

Conny Schmid

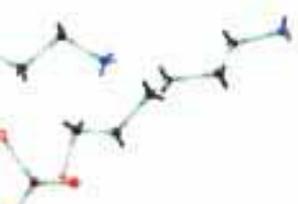
☞ www.iris.ethz.ch
☞ bnelson@ethz.ch





Gezielt gegen Tumore

Krebstherapie ohne Nebenwirkungen? ETH-Professor Dario Neri und sein Team arbeiten daran. Ihre Medikamente steuern gezielt den Tumor an.



Dario Neri beschreibt die Forschung, an der er und seine Gruppe arbeiten: «Was wir tun, ist im Prinzip sehr einfach zu verstehen. Ich kann es Ihnen in wenigen Sätzen erklären», legt er los. «Das Problem der meisten Krebstherapien, Strahlungs- oder Chemotherapie, ist, dass sie nicht nur den Tumor treffen, sondern meist noch viel gesundes Gewebe darum herum. Viele Mittel der Chemotherapie vergiften sogar den ganzen Körper. Wir entwickeln Medikamente, die gezielt nur den Tumor angreifen und die in möglichst geringen Dosen eingesetzt werden können.» Auf seinem Computerbildschirm folgen sich die Bilder in rascher Folge: Eng begrenzte leuchtende Zonen in menschlichen Körpern zeigen, wo sich ein radiomarkierter Antikörper konzentriert in einem Tumor ansiedelt und akkumuliert. «Auf diese Ergebnisse der klinischen Versuche können wir sehr stolz sein», erklärt Neri.

Ziel und Antikörper

Doch wie gelangt man zu so einem vielversprechenden Ergebnis? Viele Forschungsgruppen suchen fieberhaft nach Wegen, wirksame Medikamente gezielt in Tumorgewebe einzubringen. Der Weg, den Neri und seine Gruppe beschreiten, führt eleganterweise über die Blutbahn zu den Blutgefässen der Tumore. In mühseliger detektivischer Kleinarbeit hat man molekulare Merkmale, Zielproteine (Targets) herausgefiltert, die typisch sind für neue Blutgefässe von Tumorgewebe. Denn wenn Tumore wachsen, so bilden sie neue Blutgefässe, die sie mit den nötigen Nährstoffen versorgen (Angiogenese). So konnte man beispielsweise schon vor 10 Jahren nachweisen, dass während der Angiogenese, also der Bildung von neuen Blutgefässen, ein Molekül namens B-Fibronectin in den neuen Zellen vorhanden ist. Die EDB-Domäne von Fibronectin ist typisch für wachsende Blutgefässe, wie sie in Tumoren vorkommen. Sie wurde von Neri's Mitarbeiter Luciano Zardi in Genua bereits 1987 entdeckt. Dadurch konnten Tumore sowohl bei Tieren als auch beim Menschen spezifisch markiert werden. EDB kann so als Target für die Therapie

dienen. Nun muss noch ein sogenannter Ligand gefunden werden, der nicht nur optimal an dieses Molekül bindet, sondern gleichzeitig auch einen Wirkstoff in genügender Konzentration dorthin transportieren kann. Im Antikörper L19 beispielsweise und einer Reihe seiner Derivate hat Neri einen solchen gefunden.

Organische Bindungsmoleküle gesucht

Kompliziert wird die Sache allerdings noch dadurch, dass nicht alle Krebsarten die gleichen molekularen Merkmale aufweisen und auch nicht auf die gleichen Wirkstoffe reagieren. Man muss also je nach Krebsart verschiedene Targets und deren passende Liganden finden. Zudem haben Therapien, die auf Antikörpern beruhen, auch Nachteile. Die Grösse von Antikörpern verhindert beispielsweise, dass sie Ziele innerhalb der Zelle direkt angreifen können. Neri sucht deshalb auch nach organischen Molekülen, die kleiner als Antikörper sind und deren Aufgabe übernehmen könnten. Kleinere Moleküle hätten ausserdem den Vorteil, dass sie möglicherweise weniger Immunreaktionen provozieren. Die Suche nach Targets und Wirkstoffen ist also noch lange nicht beendet.

Neri und sein Team haben dazu zwei wichtige Methoden entwickelt. Um neue Tumor-Marker zu entdecken, verwendeten Neri und seine Gruppe erstmals Infusionen von reaktiven Biotin-Derivaten. So konnte die Identifikation von zugänglichen Zielen in Tumoren wesentlich erleichtert werden. Diese Arbeit beruht stark auf proteomischen Technologien, die nur dank dem Functional Genomic Center Zurich möglich sind.

Was die kleinen organischen Bindungsmoleküle betrifft, die Antikörper ersetzen könnten, wenn es gelänge, Liganden schnell und effizient zu isolieren, so war die Gruppe Neri auch hier erfinderisch. Sie gehört zu den Pionieren in der Entwicklung DNA-codierter chemischer Bibliotheken. Die grundlegende Idee besteht darin, einzelne Moleküle mit DNA-Fragmenten zu verbinden, die als eine Art Strichcode für die Moleküle dienen, die fähig sind, an ein bestimmtes Zielprotein zu binden. Diese Tech-

nologie erlaubt die Konstruktion von beliebig grossen chemischen Bibliotheken.

Der Weg zum Patienten

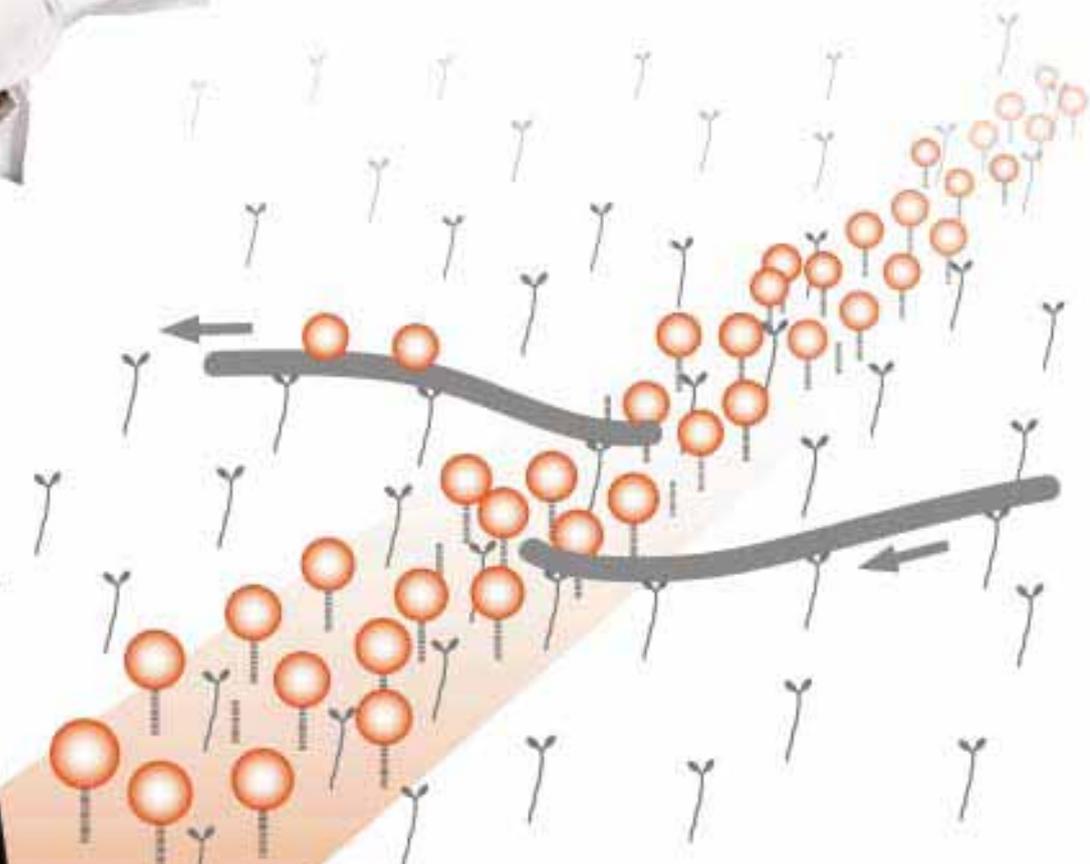
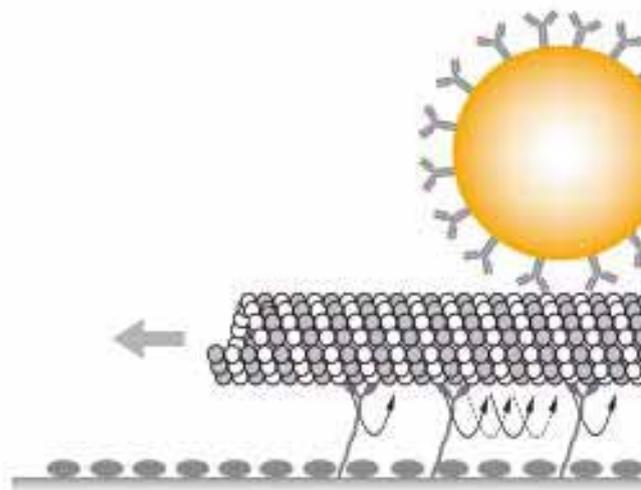
Die Methoden, die von der Gruppe Neri entwickelt wurden, eröffnen möglicherweise neue Wege für die Krebstherapie. Alle so gefundenen neuen Mittel gegen Krebs müssen jedoch zuerst in geeigneten Mausmodellen getestet werden, bevor sie für einen klinischen Einsatz in Betracht gezogen werden können. Diejenigen Moleküle, die dabei Wirksamkeit zeigen, müssen sodann klinische Entwicklungsschritte durchlaufen. Neri erklärt: «Diese Prozesse sind extrem teuer und erfordern unter anderem industrielle Standards für die Vorbereitung von kliniktauglichen Medikamenten. Das erreicht man am besten in enger Zusammenarbeit mit der Pharmaindustrie und in engem Kontakt mit der Technologietransferstelle der ETH.» Zwei der Medikamente, die von der Gruppe Neri entwickelt wurden, werden gegenwärtig in klinischen Studien der Phase II an verschiedenen Kliniken in Europa in Zusammenarbeit mit den Firmen Philogen und Bayer-Schering getestet. Weitere Medikamente werden demnächst folgen.

Neri ist überzeugt, dass eine effiziente industrielle Umsetzung von Forschungsergebnissen eine zentrale Komponente bei der Entwicklung moderner Krebsmedikamente ist. Er selbst hat deshalb zwei Firmen mitgegründet: Philogen entstand 1996, als er noch in Cambridge tätig war. Jüngerer Datums ist Philochem AG, ein Spin-off-Unternehmen der ETH Zürich mit dem Ziel, innovative Methoden zur Target- und Liganden-Entdeckung in der medizinischen Chemie umzusetzen. //

Martina Märki

☞ www.pharma.ethz.ch/institute_groups/biomacromolecules/

☞ dario.neri@pharma.ethz.ch



Der Natur die Technik abschauen

Wenn es keine Lösung für ein technisches Problem gibt, muss man eben bei der Natur auf Ideensuche gehen. Genau dies hat ETH-Professorin Viola Vogel getan. Ihre Nanoshuttles könnten dereinst nicht nur die Nanotechnologie weit voranbringen, sondern auch die Medizin.

Über den Bildschirm flitzen dünne, weiss leuchtende Würmer auf schwarzem Hintergrund. Nichts, was man nicht schon mal gesehen hätte, würde man meinen. Doch das wenig aufregende Gewusel entpuppt sich schnell als eine geniale Idee. Es handelt sich um sogenannte Nanoshuttles. Es ist nicht pures natürliches Leben, was da im Film über den Display rennt, sondern eine technische Konstruktion von Menschenhand. «Sie können sich das vorstellen wie Mini-Züge mit einem Antrieb und einer Ladefläche, auf der bestimmte Waren transportiert werden können», erklärt Prof. Viola Vogel in ihrem grosszügigen und hellen Büro am Höggerberg. In seiner Vollendung soll ihr Gefährt immer dann zum Einsatz kommen, wenn ganze Systeme auf Nanoskala, also im Grössenbereich von Millionstelmillimetern, konstruiert werden sollen. Die Nanotechnologie – eine der wichtigsten Zukunftstechnologien – wartet darauf. Die Forscher in diesem interdisziplinären Gebiet haben es zwar bereits geschafft, einzelne Bausteine wie Drähte oder Schrauben auf Nanoskala synthetisch herzustellen, jedoch nicht, diese Werkzeuge miteinander zu verknüpfen. Viola Vogels Nanoshuttles sollen genau diesen Job übernehmen und dereinst eine ganze «Assembly-Line» bilden, ähnlich einem Fließbandprozess in der Autoindustrie.

Natürliche Loks auf künstlichen Schienen

Noch ist man aber weit davon entfernt. Bisher haben Viola Vogel und ihr Team zeigen können, wie sich sichere Gleise bauen und die Züge sich beladen lassen und wie man deren Geschwindigkeit mit Licht steuern kann. Ausserdem wurden in ihrem Laboratorium für biologisch orientierte Materialwissenschaften bereits Nano-Bahnhöfe gebaut, an denen diese Züge beladen werden können. Das Funktionsprinzip der Transportgefährte haben die Forscher der Natur abgeschaut. «Wir stellen im Grunde biologische Systeme in einen nichtbiologischen Kontext», erklärt Viola Vogel. Die Züge sind eine Mischung aus beidem. Als Motor oder Lok dient den Shuttles das Protein Kinesin, als

Ladefläche kommen sogenannte Mikrotubuli zum Einsatz. Beide Moleküle finden sich in jeder menschlichen Zelle. In ihrer natürlichen Umgebung dienen die Mikrotubuli als Schienen. Es handelt sich um dünne, röhrenförmige Fasern, die ihre Bahnen kreuz und quer durch die Zelle ziehen. An ihnen hangelt sich das Kinesin-Molekül entlang und transportiert auf seinem Kopf lebenswichtige Nährstoffe von einem Ort zum andern. Kinesin-Moleküle können unterschiedliche Köpfe haben und damit unterschiedliche Frachten bewegen. Soll ein solches Transportsystem künstlich nachgebaut und auch steuerbar werden, müssten jedoch synthetische und damit beliebig vernetzbare Schienen eingesetzt werden. Vogel und ihr Team lösen das Problem mit einem einfachen, aber schlaun Trick: Sie drehten die ganze Sache auf den Kopf. Das Kinesin wird fest auf eine Unterlage aus speziell beschichtetem Glas mit darin eingebrannten Kanälen geklebt – die neuen synthetischen Schienen – und schiebt nun die Mikrotubuli vorwärts. Die Gleise fahren und die Loks sitzen darauf, während sie die Ladefläche Schub um Schub voran stossen. Die Mikrotubuli werden also zu Shuttles, die sich chemisch verändern lassen, sodass sie allerlei Frachten, beispielsweise Nanopartikel, bestimmte Viren oder Antikörper, transportieren können. Als Brennstoff dient wie in der Natur das Triphosphat ATP.

Krankheiten früher erkennen

Anfangs liessen die Forscher ihre Shuttles auf Glas ohne Kanäle fahren, später brannten sie darauf kreisförmige Muster und Pfeile, welche «verirrte» Shuttles wieder in die richtige Umlaufrichtung zurückbringen. Einen Nano-Bahnhof für solche Shuttles muss man sich wie einen Wald aus kurzen DNA-Strängen vorstellen. Deren Endungen wurden oben so verändert, dass sie bestimmte Partikel tragen können. Fahren die Nanoshuttles auf ihrer Bahn durch diesen Wald, so nehmen sie den DNA-Strängen ihre Last ab und transportieren sie weiter. Als Nächstes wollen die Forscher nach dem umgekehrten Prinzip Entladestationen bauen. Die

biologischen Motoren haben allerdings verschiedene Schwachpunkte. Sie überleben nur in ganz bestimmten flüssigen Umgebungen unter physiologischen Bedingungen und meist auch nur einige Stunden lang. «Langfristig wollen wir deshalb synthetische Motoren einsetzen», sagt Vogel. Nur so ist ein kontrollierter Fließbandprozess auf Nanoskala realisierbar. Die Ideen für Anwendungen sind schon recht konkret. So ist denkbar, dass Nanoshuttles als Biosensoren verwendet werden könnten, um Spurenelemente, Moleküle und andere Stoffe in geringsten Konzentrationen ausfindig zu machen. Dies würde der Früherkennung von Krankheiten dienen und könnte einen wesentlichen Beitrag zu Kostensenkungen im Gesundheitswesen leisten. Möglich ist auch, dass Nanoshuttles mit Antikörpern befrachtet werden, um Viren einzusammeln und zu einem einzigen Ort – sozusagen zu einer Deponie – zu transportieren. Dort liessen sie sich dann gezielt nachweisen.

Einzigartige Rahmenbedingungen

Die Entwicklung steckt jedoch noch in den Kinderschuhen, Viola Vogel und ihr Team betreiben Grundlagenforschung. Und sie ist froh, dies an der ETH tun zu können. «Die Nanotechnologie ist ein sehr interdisziplinäres Gebiet. Die ETH hat den Vorteil, dass man hier sehr viel Expertise auf engem Raum findet.» Nicht zuletzt traf die 2005 mit dem Philip-Morris-Preis ausgezeichnete Wissenschaftlerin, die zuvor während 14 Jahren an der University of Washington in Seattle tätig war, hier auf «einzigartige» finanzielle Rahmenbedingungen. «Wir können hausinterne Mittel einsetzen für riskante Fragestellungen mit ungewissem Ausgang.» Eines ist aber auch klar: Wenn dereinst funktioniert, was Vogel sich ausdachte, wird sich das Risiko auszahlen – für die Forscher genauso wie für die Allgemeinheit. //

Conny Schmid

▫ www.nanomat.mat.ethz.ch

▫ viola.vogel@mat.ethz.ch

Diabetes, Fettleibigkeit und Gene

Stoffwechselkrankheiten wie Diabetes gehören zu den Zivilisationskrankheiten Nummer eins. Markus Stoffel erforscht ihre genetischen Ursachen und konnte so bereits einigen Diabetikergruppen zu gezielteren Therapien verhelfen.



«Möchten Sie einen Kaffee, oder sonst etwas zum Trinken oder Essen?» Markus Stoffel ist höflich. Und er ist nicht unglücklich, als der Besuch in seinem Büro ablehnt. «Wissen Sie», erklärt er, «für den Stoffwechsel des Menschen gibt es eigentlich nichts schädlicheres als diese ständige Esserei, mit der wir heute leben». Klar, denkt die Journalistin, zu viele Kalorien. Aber so einfach ist die Sache offenbar nicht. Denn wenn die Sache so einfach wäre, bräuchte Markus Stoffel ja nicht zu forschen. Tut er aber, und das seit Jahren. Stoffwechselabläufen und Diabeteserkrankungen gilt sein Hauptinteresse.

Diabetesgene entdeckt

Vor etwa 10 Jahren hat Markus Stoffel beispielsweise zusammen mit seinem Team in den USA herausgefunden, dass bestimmte Formen von Diabetes genetische Ursachen haben und ganz anders behandelt werden müssen als andere Formen von Diabetes. Das Team konnte auch die entsprechenden Gene genau lokalisieren und genetische Defekte aufklären. Diese Erkenntnisse erleichtern inzwischen das Leben von manchen Diabetikern erheblich. Heute kann nämlich durch genetische Tests festgestellt werden, zu welchem Diabetikertyp ein Patient gehört, und die Behandlung wird entsprechend angepasst. Unter Umständen ist sogar überhaupt keine Behandlung ausser strikter Diät notwendig. An die ETH gelockt hat den Forscher die Aussicht, den systembiologischen Ansatz in einem Umfeld mit hoher kritischer Masse verfolgen zu können. Zudem sei er dank der grossen Kooperation zwischen ETH, Universitätskliniken und der Firma Roche nahe an der Umsetzung hochkomplexer Forschung in die Praxis.

Praktische Tipps aus der Forschung

«Unsere Forschungen sind zwar sehr grundlagenbezogen, aber daraus lassen sich direkte Tipps und Auswirkungen für die Gesundheit ableiten, und darauf bin ich wirklich stolz» sagt Markus Stoffel. Einer dieser Tipps lautet überraschenderweise: «Vergessen Sie die alte

Regel, lieber fünf kleine Mahlzeiten am Tag als zwei oder drei grosse. Das ist für einen gesunden Menschen falsch. Sie sollten wenige Mahlzeiten am Tag zu sich nehmen und zwischen den Mahlzeiten mal Hunger haben. Das ist wichtig, weil sonst ihr Stoffwechsel falsch abläuft.» Die Erklärung dafür ist nicht einfach, aber einleuchtend. Eines der Forschungsprojekte, an denen Markus Stoffel und sein Team derzeit arbeiten, befasst sich mit der Regulierung von Fett- und Zuckerstoffwechsel durch die Leber. Dieser Stoffwechsel wird vor allem durch die Hormone Insulin und Glucagon kontrolliert. Eine wichtige Rolle spielt dabei ein Stoff namens Foxa2 als sogenannter Transkriptionsfaktor, der in den Leberzellen zu finden ist. Die Forscher fanden heraus, dass Foxa2 bei Mäusen in nüchternem oder Hungerzustand im Zellkern angesiedelt ist. In diesem Fall schaltet der Stoffwechsel auf Fettverbrennung. Nach der Nahrungsaufnahme ist Foxa2 jedoch nicht mehr im Zellkern, sondern ausserhalb des Zellkerns über die Zelle im ganzen Cytoplasma verteilt zu finden. Dadurch schaltet der Körper in einen Stoffwechselzustand, in dem er Fett einlagert. «Werden nun dem Körper ständig kleinere Mengen Nahrung zugeführt, bleibt er ständig im Zustand der Fettlagerung, weshalb Sie auch schon bei normalen Kalorienmengen eher Fett in der Leber einlagern» erklärt Markus Stoffel.

Diabetes 2 im Visier

Diese Erkenntnis ist auch wichtig für die Diabetesforschung. Bei Diabetikern des Typs 2 ist nämlich Foxa2 ebenfalls immer ausserhalb des Zellkerns angesiedelt und damit inaktiv. Folge: die Regulierung des Fettstoffwechsels funktioniert nicht mehr. «Diese Menschen sind sozusagen permanent auf dauernde Fettlagerung eingestellt, selbst wenn sie gar nichts gegessen haben,» erläutert Markus Stoffel. Das ist jedoch nicht der springende Punkt. Interessant ist dieser Befund vielmehr deshalb, weil sich hier möglicherweise eine neue Therapiemöglichkeit für Altersdiabetes abzeichnet. In Mäusen nämlich, die dieses permanent

inaktive Foxa2 aufwiesen, konnte durch Gabe von künstlich hergestelltem aktivem Foxa2 der Stoffwechsel wieder normalisiert werden. Das künstlich hergestellte Foxa2 (Foxa2T156A) muss jedoch mittels sogenannter Genfähren (im Fachjargon: durch adenovirale Expression) an den richtigen Ort gebracht werden, ein Verfahren, das nicht risikolos ist.

In Zukunft möchte sich Markus Stoffel mit seiner Forschungsgruppe noch vermehrt den genetischen Ursachen von Diabetes und Fettleibigkeit zuwenden. Dabei sollen nicht nur die Gene selbst, die eine Rolle im Zuckerstoffwechsel spielen, noch genauer untersucht werden, sondern auch die Transkriptionsfaktoren und die Steuerung durch die Umwelt. Hormon-signale, Bewegungsmangel, Ernährung, all das sind Umwelt- und Einflussfaktoren, die berücksichtigt werden. In einer grossangelegten Studie zusammen mit der Rockefeller University (New York) und Cambridge, USA, wird derzeit die Bevölkerung einer Insel in Mikronesien systematisch genetisch analysiert. Die genetischen Daten von 3200 Personen mit mehr als 600 000 kleinsten genetischen Variationen (sogenannten SNPs) werden aufgenommen. «Genetische Variationen sind etwas völlig Normales, wir alle weisen solche kleinen Variationen auf und leben bestens damit», erklärt Markus Stoffel. Unter Umständen ist in einer solchen Variation aber der Schlüssel für eine neue Therapie versteckt, hofft er. Zukünftige Studien sollen sich deshalb speziell mit dem Einfluss von genetischen Variationen auf Diabetes 2 befassen. //

Martina Märki

☛ www.imsb.ethz.ch/researchgroup/stmarku/research

☛ stoffel@imsb.biol.ethz.ch



MRI – auch eine Zürcher Erfolgsgeschichte

Bilder aus dem Körperinneren gibt es seit Röntgen, danach kam lange nichts Neues. Das Magnetic Resonance Imaging revolutionierte die medizinische Bildgebung – etwa hundert Jahre später. ETH-Wissenschaftler waren massgebend dabei.

Wir machen uns, wenn wir uns in die «Röhre» legen, um uns einer MRI-Untersuchung zu unterziehen, üblicherweise keinen Begriff davon, was alles an komplexen physikalischen Konzepten um uns herum wirkt, um die gespenstischen Innenansichten unseres Körpers zu generieren. Dabei ist es wohl nicht übertrieben, die Magnetresonanztomografie (Magnetic Resonance Imaging; MRI) als das mit Abstand esoterischste Verfahren zu bezeichnen, das je seinen Weg aus den physikalischen Labors in die Spitäler gefunden hat. Ohne Quantenphysik kommt man nicht weit, wenn man ungefähr verstehen will, wie die Technik funktioniert – die Kernspins, die die Maschinen in unserem Körpererspüren, sind der klassischen Physik vollkommen fremd. Mitunter werden sie als Kreisel verbildlicht, die aus dem Lot gebracht werden, doch das sind wenig hilfreiche metaphorische Krücken. Im Grunde reicht es zu wissen, dass sich Kernspins unterschiedlich verhalten, je nachdem, in welchem Gewebe sich die Atome befinden. Noch undurchsichtiger (im buchstäblichen Sinn) wird die Angelegenheit, wenn man bedenkt, dass die Frequenzen, auf die diese Spins ansprechen, Wellenlängen von einigen Metern entsprechen, was eigentlich bestenfalls eine Bildauflösung in derselben Grössenordnung erlauben würde. Wie dieses Problem überwunden werden konnte, sodass man tatsächlich millimetergenaue Bilder aus dem Körperinneren erhält, ist ein eigenes Kapitel in der MRI-Erfolgsgeschichte auf dem Weg von einem Spielzeug der Physiker zu einer medizinischen Routineuntersuchung. Auch Forscher von der ETH haben an dieser Geschichte immer wieder entscheidend mitgeschrieben, und zwar schon ganz zu Beginn.

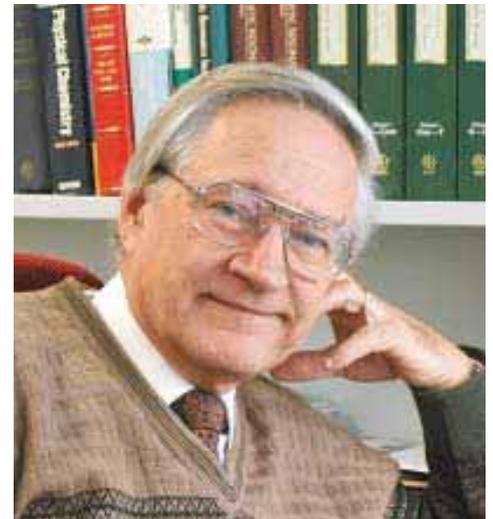
Paulis Erbe

Wolfgang Pauli war zunächst in den Dreissigerjahren und nach einem Abstecher nach Princeton während des Kriegs nochmals von 1946 bis zu seinem Tod 1958 Professor an der ETH. Er gilt als einer der grossen Physiker des 20. Jahrhunderts und gehört zu den Begründern der Quantenphysik. Auf ihn geht das be-

rühmte Ausschlussprinzip zurück, das es zwei Elektronen verbietet, denselben Zustand einzunehmen. Aus diesem Prinzip folgte Pauli aber auch, dass alle Atomkerne mit einer ungeraden Anzahl von Protonen oder Neutronen sich wie kleine Magnete verhalten würden. Dazu gehören viele Elemente, die auch im menschlichen Körper eine wichtige Rolle spielen, wie Wasserstoff, Natrium oder Phosphor. Ernst Bloch und Edward Purcell wiesen Paulis Vorhersage 1945 experimentell nach, indem sie die Atome in einem starken Magnetfeld zum Prozessieren brachten, ähnlich eben schief laufenden Kreiseln. Mit Radiowellen lassen sich die Atome anregen (sofern man die richtige Frequenz, die Resonanz, trifft). Die aufgenommene Energie geben die Atome, wenn man die Anregung abschaltet, wieder ab, bis sie sich im Gleichgewicht mit dem Magnetfeld befinden. Das dabei emittierte Signal ist es, was die kostbaren Informationen über die Beschaffenheit des Materials im Magnetfeld enthält. Die ganze Entwicklung der NMR-Technik (Nuclear Magnetic Resonance) sollte sich in der Folge an diesen beiden Fixpunkten orientieren: Zunächst die richtige Anregung der Atome in der Probe und dann die möglichst genaue Auswertung des Signals, mit dem diese auf die immer raffinierter werdende Anregung antworten.

Ungeeignet für die Bildgebung?

Ursprünglich interessierten sich nur Physiker und Chemiker für die NMR-Technik. In der Nachkriegszeit entwickelte man Geräte mit immer stärkeren Magneten (womit sich die Empfindlichkeit immer weiter steigern liess) und untersuchte damit alle möglichen Substanzen. Niemand dachte zu dieser Zeit an bildgebende Verfahren; die Magnetresonanz war eine neue und vielversprechende Spektroskopiemethode, doch schien sie nichts zu tun zu haben mit dem Durchleuchten von menschlichen Körpern. Ein NMR-Experiment bestand üblicherweise darin, eine kleine Probe in den Magnetkonus zu schieben, die Spinresonanzen zu suchen und ihr Echo abzuhorchen. Die räumliche Auflösung der Signale interes-



Richard Ernst, ETH-Forscher und Nobelpreisträger, zeigte neue Wege, Spektren in Bilddaten umzurechnen. (Foto: Norbert Staub)

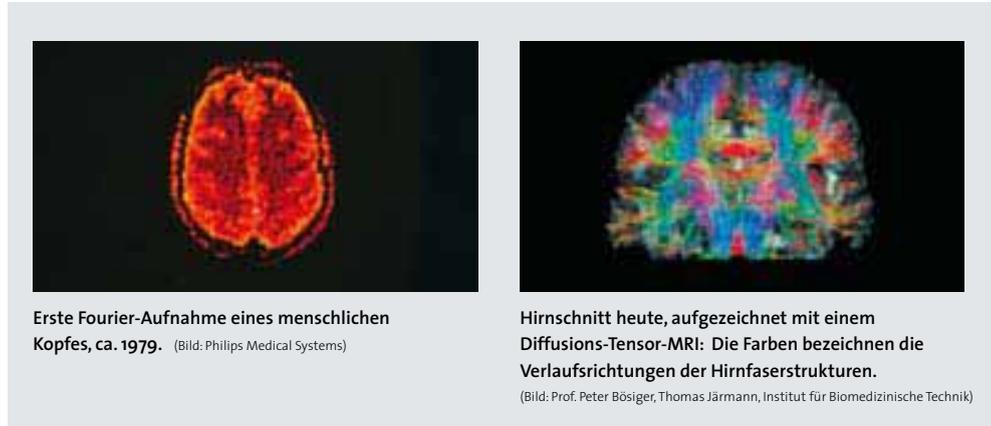
sierte in den Anfangsjahren wenig – man hielt die Technik schlicht für nicht geeignet für die Gewinnung diesbezüglicher Informationen, da die verwendeten Radiowellen nicht im passenden Bereich des elektromagnetischen Spektrums liegen. Ganz anders die kurzweilige Röntgenstrahlung: In den Sechziger- und Siebzigerjahren eröffneten sich der guten alten Radiologie mit der aufkommenden Computertomografie nochmals ganz neue Perspektiven.

Pioniere, Sieger und Verlierer

Nach und nach begannen sich manche Forscher aber auch für medizinische Anwendungen der Magnetresonanz zu interessieren. 1971 experimentierte der amerikanische Mediziner Raymond Damadian mit Gewebeproben und entdeckte, dass sich mit der NMR-Technik gesundes und kanzerogenes Gewebe unterscheiden liess. Damadian war der Überzeugung, dass damit erstmals ein Diagnosewerkzeug in Reichweite rückte, mit dem sich Tumore im Körper auf nichtinvasive Art und Weise lokalisieren liessen. Er entwickelte in der Folge ein Verfahren, bei dem ein fokussiertes Magnetfeld durch den Körper bewegt wurde – damit hatte er die erste rudimentäre Scanmethode erfunden. Bei seinem später gebauten

Prototyp eines Ganzkörpertomografen war es allerdings noch der Patient, der langsam im Magnetunnel hin- und herschoben wurde, um so verschiedene Regionen eines Organs in den magnetischen Brennpunkt zu rücken. Obwohl er unzweifelhaft zu den wichtigen Pionieren des MRI gehört, sollte die Geschichte für Damadian einen bitteren Ausgang nehmen. Als im Jahr 2003 der Medizin-Nobelpreis für die MRI-Technik vergeben wurde, ging er leer aus. Er schaltete darauf ganzseitige Inserate in der New York Times, in denen er diese aus seiner Sicht historische Ungerechtigkeit zu berichtigen suchte und den Preis wenigstens zum Teil selbst beanspruchte. Richard Ernst, langjähriger Professor an der ETH und selbst Nobelpreisträger im Zusammenhang mit der NMR-Technik, kann Damadians Ärger bis zu einem gewissen Grad nachvollziehen. Schon in seiner Dankesrede in Stockholm hatte er angemerkt, dass «Wissenschaftspreise die Tendenz haben, die Wissenschaftsgeschichte zu verzerren». Ernst hat Damadian einige Male getroffen, er erinnert sich, dass dieser immer schon behauptet habe, die NMR-Technik werde die Medizin revolutionieren. «Dass das tatsächlich eingetreten ist, ist für mich auch heute noch erstaunlich», sagt er als Chemiker, der die Magnetresonanz zeitlebens als abstrakte Spektroskopiemethode genützt und vorangebracht hat.

Bekommen haben den Nobelpreis damals Paul Lauterbur, der grosse Rivale Damadians seit den frühen Siebzigerjahren, und Peter Mansfield, der viel zur Entwicklung schneller Scannmethoden beigetragen hat. Diese haben letztlich eine zeitliche Auflösung der Bilder aus dem Körper ermöglicht, sodass heute auch physiologische Abläufe (Hirnfunktionen, schlagende Herzen) mit der MRI-Technik untersucht werden können. Lauterbur wiederum war es, der die entscheidenden Ideen hatte, die den Weg hin zur Bildgebung ebneten. Er führte 1973 die sogenannten Magnetfeldgradienten ein, mit denen sich das Feld, in dem die Spins kreisen, wie ein dreidimensionaler Stadtplan rastern und räumlich unterteilen lässt. Auf diese Wei-



Erste Fourier-Aufnahme eines menschlichen Kopfes, ca. 1979. (Bild: Philips Medical Systems)

Hirnschnitt heute, aufgezeichnet mit einem Diffusions-Tensor-MRI: Die Farben bezeichnen die Verlaufsrichtungen der Hirnfaserstrukturen.

(Bild: Prof. Peter Bösiger, Thomas Järmann, Institut für Biomedizinische Technik)

se erhält man neu nicht mehr ein einmündiges Signal aller gescannten Kerne zurück, sondern vielerlei leicht verzerrte Echos, die sich je nach Verzerrung dem entsprechenden «Planquadrat» zuordnen lassen.

Richard Ernst hat eine Idee

Noch waren die NMR-Röhren aber nicht dicker als ein paar Zentimeter – um grosse Magnetfeldstärken zu erzeugen, war man darauf angewiesen, das Feld stark zu bündeln. Nichtsdestotrotz begannen die Pioniere der Bildgebung mit NMR, kleine Dinge in die Röhren zu stecken, Zwiebeln, Zitronen oder auch mal den eigenen Finger. Die Magnetstärken wurden allmählich gesteigert, die Auswertungsmethoden verfeinert – an dieser Stelle hat auch Richard Ernst einen wichtigen Beitrag zur MRI geleistet, indem er zeigte, wie sich seine Fourier-Analysen, die er für die klassische NMR-Spektroskopie entwickelt hatte, auch auf diesem neuen Feld nutzen liessen, um die Spektren viel rascher und genauer in Bilddaten umzurechnen. Wiederum denkt der Nobelpreisträger mit einigem Erstaunen an die Ursprünge zurück: «Ich hielt das für eine lustige Idee, die Fourier-Analyse auch hier anzuwenden, aber ich glaubte eigentlich nicht, dass das funktionieren würde.» Wenige Jahre später, Anfang der Achtzigerjahre, sollte er bereits eines Besseren belehrt werden, als erste klinische Bilder mit dieser Methode einen qualitativen Quantensprung aufzeigten.

Auch Lauterbur und seine Kollegen, zumeist Physiker, hatten von Damadians Experimenten mit menschlichem Gewebe gehört. Die Hoffnung, Tumore im Körper frühzeitig aufspüren zu können, wurde zu einer Triebfeder der MRI-Entwicklung. Die Technik war der Computertomografie (die sich zu der Zeit in den Spitälern zu etablieren begann) vor allem in einem Punkt überlegen: Sie vermochte auch die Weichteile im Körper abzubilden.

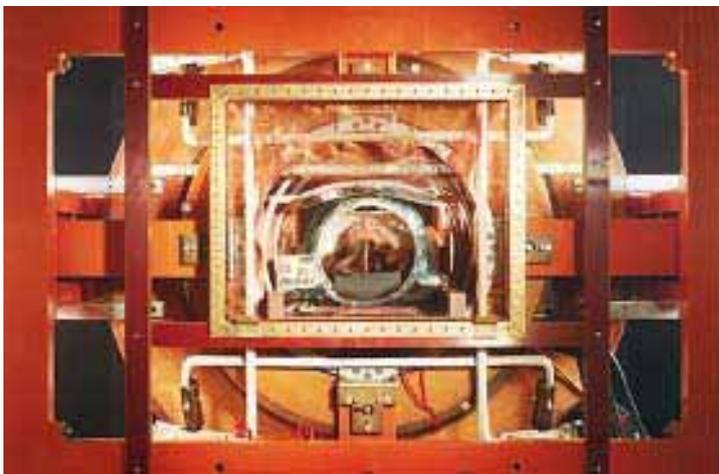
ETH und Philips gehen weiter

Ende der Siebzigerjahre begann der Enthusiasmus von der eingeschworenen MRI-Gemeinde langsam auf medizinische Kreise überspringen. Die Publikation einiger erstaunlicher Bilder, darunter die berühmte MR-Orange von 1978, machte die Möglichkeiten der neuen Technik deutlich und schürte die Erwartungen. Auch in Zürich setzte man früh auf die neue Anwendung, die ETH gehörte schliesslich zu den Wegbereitern der Magnetresonanz. Mit der Universität wurde 1971 ein gemeinsames Institut für Biomedizinische Technik gegründet, das heutige Institute for Biomedical Engineering (IBT). 1983 brachte Peter Bösiger, der heute noch an der ETH forscht und lehrt, die MRI-Technik ans IBT. Mit den ersten Geräten bezog man zunächst eine provisorische Alu-Baracke vor dem Nordtrakt des Unispitals. Seit Ende der Achtzigerjahre sind die Tomografen des IBT im Untergeschoss des Spitals untergebracht – darin widerspiegelt sich, dass

Ultrahochfeld für ultrascharfe Bilder

Die ETH trägt weiterhin zur Entwicklung der MRI-Technologie und ihrer Anwendungen bei. Das Institut für Biomedizinische Technik von Universität und ETH Zürich investierte letztes Jahr rund 15 Millionen Franken in einen neuen Ultrahochfeldtomografen. Sein Magnetfeld ist 7 Tesla stark, was etwa dem 150 000-fachen des Erdmagnetfeldes entspricht. Der grosse Vorteil des gegenüber anderen Tomografen ungleich stärkeren Magnetfeldes liegt in der Verstärkung der Magnetresonanz im Untersuchungsobjekt.

Dieser Zugewinn und die gleichzeitige Zunahme der Resonanzfrequenz versprechen schärfere Abbildungen und neue Einblicke in Organfunktionen und Stoffwechsel. Uni und ETH beteiligen sich mit je rund 3 Millionen Franken an den Kosten für die neue Anlage. Für die restlichen 9 Millionen Franken konnten Industriepartner und Sponsoren gefunden werden. Das IBT arbeitet seit Jahrzehnten besonders eng mit der Tomografenherstellerfirma Philips Medical Systems zusammen.



Die erste MRI-Maschine für Ganz-Körper-Aufnahmen: «Proton» aus dem Jahr 1979 mit Patientin. (Foto: Philips Medical Systems)

klinische Anwendung und technische Weiterentwicklung der MRI seit den Anfängen parallel laufen. Das Institut ist seit zwei Jahrzehnten der wichtigste Partner von Philips, einem der weltweit führenden MRI-Hersteller. Eine ganze Reihe wichtiger Verfahren, die inzwischen zur Standardausstattung jedes MRI-Geräts gehören, wurden am IBT entwickelt, darunter Methoden zur Blutflussmessung und zur Herzmuskeluntersuchung. Seit zehn Jahren arbeitet man ausserdem an der sogenannten parallelen Bildgebung, mit der sich durch die räumliche Anordnung zahlreicher Sender und Empfänger die Signalausbeute um Grössenordnungen verbessern lässt. Das verkürzt die beengende Prozedur für die Patienten deutlich, manche Untersuchungen können dank der jüngsten Entwicklungen bis zu zehnmal schneller durchgeführt werden.

Spitalroutine mit Zukunftspotenzial

Aber auch andernorts in Zürich wurde mit

der MRI-Technik experimentiert. Eine Pionierrolle spielte das Kinderspital, wo 1986 ein Ganzkörperscanner für Kleinkinder in Betrieb genommen wurde. Die Wissenschaftshistorikerin Barbara Orland von der ETH schreibt dazu in einem Aufsatz: «Die pädiatrische Erfahrung lehrt, Kinder kommen innerhalb der Medizin immer zuletzt. Eine neue und zudem kostenintensive Spitzentechnologie würde deshalb niemand zuerst in der Kinderheilkunde erwarten.» Doch für einmal lagen die Dinge anders. Mitte der Achtzigerjahre standen erst leistungsfähige Röhren mit einem Durchmesser von 35 Zentimetern zur Verfügung – für die Untersuchung von Kleinkindern reicht das allemal. Ein visionärer Oberarzt am Kinderspital startete mit dem Gerät ein erfolgreiches Forschungsprogramm zur Untersuchung des Hirnstoffwechsels bei Neugeborenen mit dem langfristigen Ziel, die Bildgebung mit Magnetresonanz in die Pädiatrie einzuführen. Um den Kindern die Angst vor der «Röhre» zu nehmen,

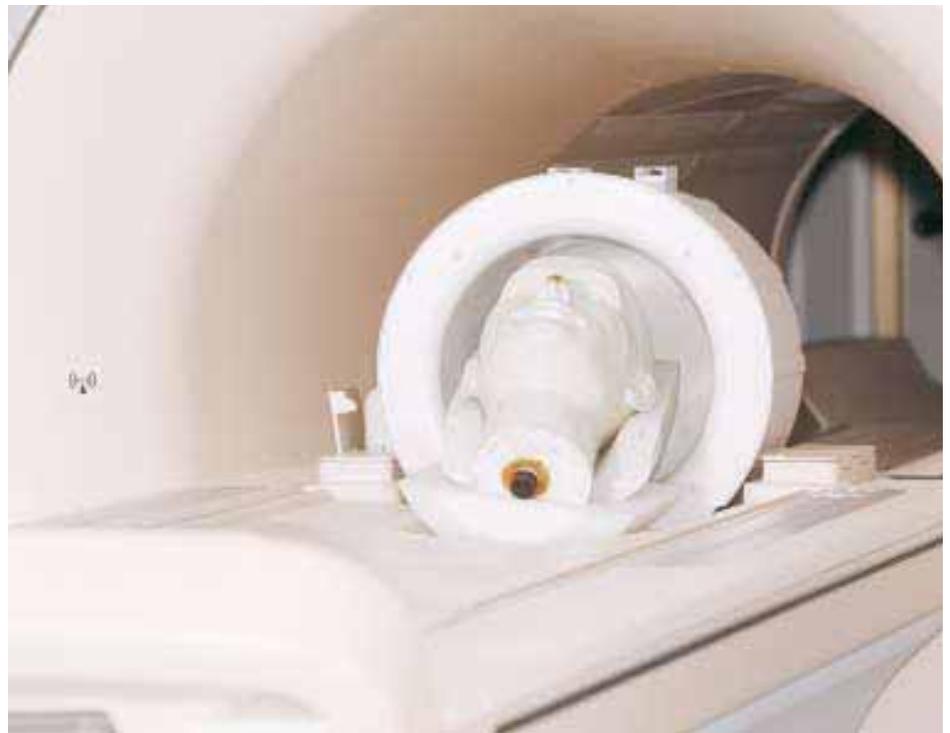
wurde das Gerät verkleidet – so verschwanden die kleinen Patienten nicht im Bauch eines unheimlichen Apparats, sondern im Fenster eines bunt bemalten kleinen Häuschens.

Es ist erstaunlich, wie rasch die komplexe und für die Medizin grundlegend neue Magnetresonanztomografie Spitalroutine geworden ist. Heute sind in der Schweiz über einhundert MR-Tomografen im täglichen Einsatz. Und es zeichnen sich laufend neue Anwendungsfelder ab. Der MRI-Blick in den Kopf erlaubt es seit einigen Jahren sogar, dem Gehirn beim Denken zuzusehen. Das ganze Potenzial der Magnetresonanz als Diagnosewerkzeug und Forschungsinstrument beginnt sich jetzt erst abzuzeichnen. //

Roland Fischer



Forschen für den Menschen: Peter Bösiger und Klaas Prüssmann (v.l.) am Institut für Biomedizinische Technik.



Der neue Tomograf mit 7 Tesla Feldstärke ist für den klinischen Einsatz noch nicht bereit; die Wissenschaftler testen die Bildgebung mit Puppen und Phantomflüssigkeit.

Wo Technik und Medizin sich die Hand reichen

Die Magnetresonanztomografie ist aus der modernen Medizin nicht mehr wegzudenken. Am Institut für Biomedizinische Technik von Universität und ETH Zürich stehen gleich drei Geräte, die Forscher und Ärzte gleichermaßen rege nutzen. Ein Augenschein.

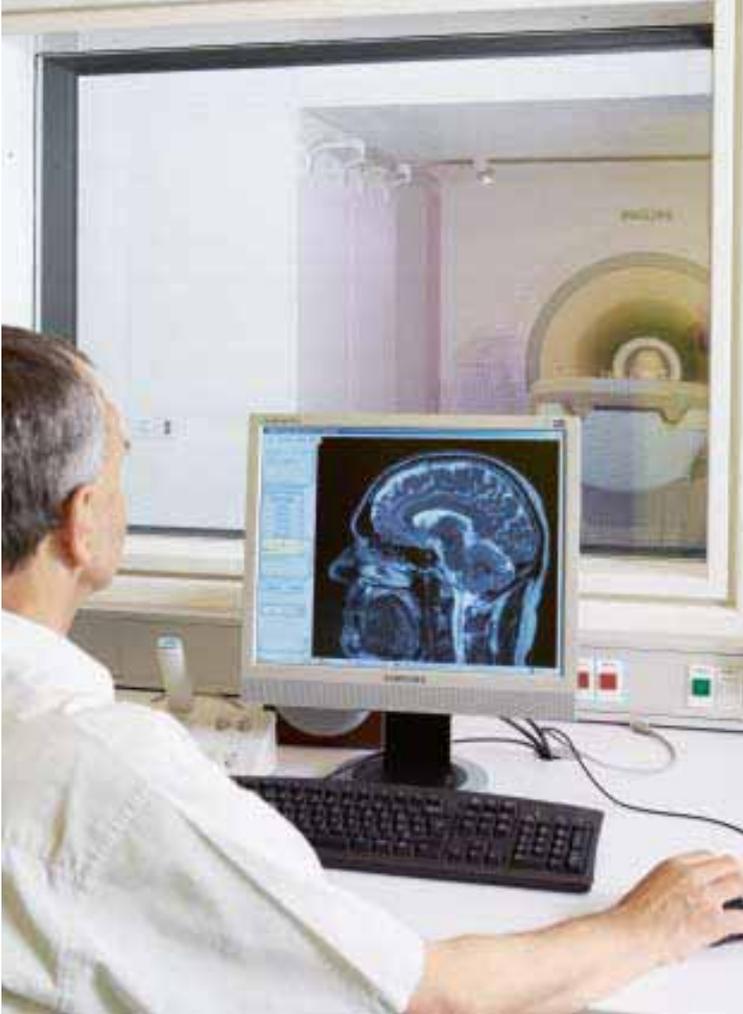
Ein Strahlen huscht über Klaas Prüssmanns Gesicht: «Was, diese Nacht ist ja noch frei! Ich muss sofort reservieren!» Sprichts, greift zum Mobiltelefon und verlässt eiligen Schrittes den Raum. Wir stehen gerade vor dem Magnetresonanztomografen mit 3 Tesla Feldstärke, und Prof. Peter Bösiger schmunzelt. Der Leiter des Instituts für Biomedizinische Technik (IBT) von Universität und ETH Zürich tippt mit dem Finger auf die bunten Felder des Belegungsplans am Computerbildschirm. Es gibt kaum mehr weisse Flächen. Dieter Meier, Physiker und hier ausserdem fürs Organisatorische zuständig, bestätigt: «Wir sind stets gut ausgebucht.» Und dies nicht nur tagsüber. Ganze Nächte verbringen die Forscher der beiden Hochschulen offensichtlich an diesem und den beiden anderen Geräten mit 1,5 beziehungsweise 7 Tesla Feldstärke. «Da könnten Sie ewig sitzen. Wir stossen fast immer auf irgendetwas, das genauer untersucht sein will oder neue Ideen provoziert», sagt Klaas Prüssmann, als er wie-

der zurückkommt. Er hat sich die freie Nacht gesichert und ist sichtlich froh darüber. Der Physiker ist ebenfalls Professor am IBT und vor allem damit beschäftigt, die neuen Möglichkeiten des noch jungen 7-Tesla-Systems (siehe Kasten S. 24) zu erschliessen.

Forschen mit Phantomen

Im Untergeschoss V des Universitätsspitals herrscht an diesem Vormittag reges Treiben. Im Raum vor dem 7-Tesla-Magneten hantiert einer von Prüssmanns Doktoranden an einem selbst gebauten Gerät herum, für welches beide keinen allgemein verständlichen Namen finden. «Wir versuchen damit, Radiofrequenzfelder zu kontrollieren», sagt Prüssmann. Im Hintergrund ist das monotone Stampfen der Kühlpumpe zu hören. Der supraleitende Magnet muss mit flüssigem Helium auf einer konstanten Temperatur knapp über dem absoluten Nullpunkt gehalten werden. Auf einem Tisch steht eine grosse Plastikflasche. «Phan-

tomflüssigkeit» ist darauf in Handschrift geschrieben. Spukt es hier? «Aber nein», lacht Prüssmann, «das ist mit chemischen Zusätzen angereichertes Wasser, das ähnliche Eigenschaften wie menschliches Körpergewebe aufweist.» Ein bisschen gruselig klingt das trotzdem. Und als Prüssmann die Stärke des Magnetfeldes – 7 Tesla entspricht etwa dem 150 000-fachen des Erdmagnetfelds – demonstriert, macht sich in der Magengegend ein mulmiges Gefühl breit. Der Forscher hält an einer Schnur eine Schere in den Tomografen und reicht sie der Besucherin. Ich staune, wie stark ich gegen den Sog halten muss. Mein beschlagener Gurt macht sich selbständig und dreht sich Richtung Röhre. «Mir wird manchmal übel, wenn ich mich zu lange hier drin aufhalte», meint der Doktorand. Dies hängt damit zusammen, dass das Innenohr eine Bewegung wahrnimmt, die nicht mit dem übereinstimmt, was das Auge sieht. «Es ist, wie wenn Sie beim Autofahren mit dem Kopf nach unten ein >



Scharfe Bilder aus der Röhre: Dieter Meier schaut ins Innere eines menschlichen Kopfes.

Buch lesen. Etwas unangenehm, aber ungefährlich», erklärt Prüssmann.

Lebenswichtige Abklärungen für Patienten

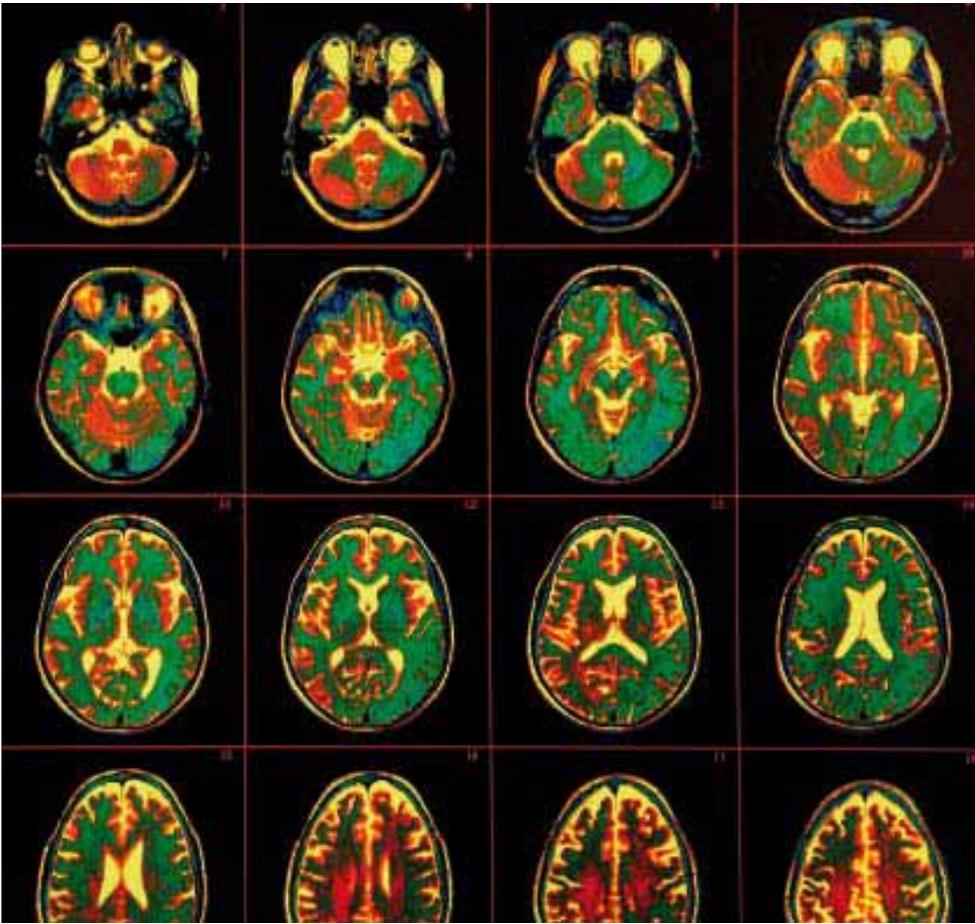
Zwei Zimmer nebenan, am Gerät mit 1,5 Tesla Stärke, redet ein Arzt einer Patientin gut zu. Sie wird die nächste halbe Stunde möglichst regungslos in der Röhre liegen. «Verdacht auf Hydrozephalus», erklärt der Arzt im weissen Kittel, der jetzt am Computer im Aussenraum sitzt und dem Tomografen Befehle für unterschiedliche Scans erteilt. Kurz darauf erscheinen bereits die ersten Bilder aus dem Innern des Kopfes der Patientin. Sie sind faszinierend präzise – und auch ein wenig unangenehm: Wir blicken ins Innerste eines fremden Menschen. Für den Arzt reine Routine. Tomografen dieser Kategorie gehören längst zum klinischen Diagnosealltag. «Wir müssen abklären, ob eine Operation nötig ist und wenn ja, mit welchen Risiken sie verbunden ist.» Später wird der Arzt der Patientin auch noch Kontrast-

mittel spritzen, um etwa Tumore ausschliessen zu können.

Schmelztiegel der Disziplinen

Klinikalltag bedeutet jedoch nicht, dass es an den Geräten nicht ständig noch etwas zu verbessern gäbe. Noch während die Patientin in der Röhre liegt, stösst ein Physiker zum Arzt. Die beiden schauen sich gemeinsam Bilder eines anderen Scans an und besprechen sich leise. «Das schöne an der Arbeit hier ist, dass die durch uns erforschten Grundlagen meist schon bald angewendet werden und Nutzen bringen», sagt Klaas Prüssmann. Rund um die MRI-Geräte herrscht ein ständiges Kommen und Gehen, alle paar Minuten sitzen andere Forscher oder Ärzte an den Computern. Physiker, Mediziner, Techniker und Pflegepersonal geben sich die Türklinken in die Hand. «Es ist genau das, was dieses Zentrum so einzigartig und wertvoll macht», sagt Peter Bösiger. Die Nähe zwischen Grundlagenforschung

und konkreter Anwendung, zwischen Wissenschaft und Industrie, zwischen ETH und Uni, zwischen Technik und Medizin. Auch die Grenzen zwischen den wissenschaftlichen Disziplinen verschmelzen hier. So wenden längst nicht nur Mediziner die Geräte an. Die 3-Tesla-Maschine ist auch beliebt bei Psychologen oder empirischen Wirtschaftswissenschaftlern, die etwa die Ursachen von Depressionen oder das Zustandekommen von Entscheidungen biologisch zu erklären versuchen. Dazu nutzen sie die Methoden des funktionellen Magnetresonanz-Imaging (fMRI), womit sich die lokale Sauerstoffkonzentration im Blut abbilden lässt. Dies kann Aufschluss geben über den Energieverbrauch einer bestimmten Hirnregion. Das Gerät ist ein zentrales Instrument für Neurologen, Neurowissenschaftler oder Neuro-radiologen. Am 1,5-Tesla-Magneten erforschen Gastroenterologen und Kardiologen das Verdauungs- sowie das Herz-Kreislauf-System. Bei letzterem geht es vor allem darum, Methoden



Querschnitt-Scans liefern spannende Einblicke in die Anatomie des menschlichen Gehirns.

einer umfassenden Diagnostik zu entwickeln: «Ziel ist es, die Durchblutung sowie alle Funktionen und Prozesse mit einem einzigen Scan zu erfassen», erklärt Peter Bösiger.

Einer der zahlreichen Anwender der MRI-Geräte am gemeinsamen Zentrum von Uni und ETH ist der renommierte Hirnforscher Prof. Anton Valavanis. Am Unispital untersucht und behandelt er Patienten mit Gehirntumoren, Gefässkrankheiten des Gehirns, Multipler Sklerose oder anderen degenerativen Gehirnerkrankungen. Ausserdem erforscht der Neuro-radiologe schwerpunktmässig die Strukturen und Funktionsweisen des Gehirns, wobei er etwa Diffusionsprozesse, das neuronale Netzwerk oder die Durchblutung der Gefässe sowie Stoffwechselfvorgänge mit Hilfe der MRI-Technik untersucht. «All dies könnte dereinst Aufschluss geben über die Ursachen und Folgen verschiedener Krankheiten. Wir erhoffen uns zum Beispiel Antworten auf die Frage, wie eine Hirnblutung zustande kommt», erklärt er in

seinem Büro am Unispital mit ruhiger, leiser Stimme. Und er kann sich eine kleine Kritik (oder sollte man es eine Aufforderung nennen?) nicht verkneifen: «Wir brauchen stärkere Geräte, wir müssen möglichst schnell mit 7 Tesla und mehr arbeiten können.»

Neue Antenne gegen unscharfe Bilder

Klaas Prüssmann nickt. Exakt daran arbeiten er und sein Team, seit das Ultrahochfeldgerät vor rund einem Jahr in Betrieb genommen wurde – als Zweites in Europa. Es ist derzeit für die Routineforschung und den klinischen Betrieb noch nicht nutzbar. Das stärkere Magnetfeld verspricht zwar bessere, höher aufgelöste Bilder und schnellere Scans. Doch es hat auch seine Tücken. «Die Resonanzfrequenz ist bei 7 Tesla mit rund 300 Megahertz sehr viel höher als bei den anderen Geräten. Deshalb sind die Wellenlängen kürzer», sagt Prüssmann. Dies führt dazu, dass die Forscher sich plötzlich mit komplexen Wellenphänomenen wie Beugung,

Brechung oder Überlagerung konfrontiert sehen. Mit herkömmlichen Antennen und Verfahren erhält man daher schlecht ausgeleuchtete und teils undeutliche Bilder. «Wir müssen lernen, diese Phänomene zu kontrollieren und sogar auszunutzen», erklärt Prüssmann und demonstriert den neusten Prototypen aus dem Instrumente-Labor, der dabei helfen soll. Es handelt sich um eine Antenne mit acht Eingängen, wobei sich die Phasen und Amplituden der Radiofrequenz separat einstellen lassen. So versuchen die Forscher die Überlagerungen der Wellen zu steuern. Das habe bereits ganz gut funktioniert, so Prüssmann. Es ist jedoch davon auszugehen, dass er und sein Team noch manche Nächte lang in die Röhre gucken werden, bevor der starke Magnet sein ganzes Potenzial preisgibt. //

Conny Schmid

www.biomed.ee.ethz.ch

Medizin von morgen – Wohl oder Übel?

Was bringt der Fortschritt in Forschung und Medizin?

Zwei Wissenschaftler und ein Ethiker im Gespräch über neue Gebiete in der medizinischen Forschung und ihre Auswirkung auf die Gesellschaft.

Als Laie hört man Schlagworte. Vor zehn Jahren hat man sich sehr viel erhofft von der Genmedizin und von Gentherapien. Wo stehen wir diesbezüglich heute?

Gerd Folkers: Diese Hoffnungen haben sich nicht erfüllt, zumindest nicht in der Geschwindigkeit, wie man sie sich damals vorstellte und in der diese Ansätze populär gemacht wurden. Ich halte das für verantwortungslos. Wir sollten zu einem Abgleich kommen zwischen den wissenschaftlichen Modellen und den Vorstellungen, die in der Öffentlichkeit existieren. Diese sind oft nicht deckungsgleich, was zu einer grossen Reihe von Missverständnissen darüber führt, was erreicht werden kann und was nicht. Das hat zu tun mit den heutigen Belohnungsstrukturen in der Wissenschaft, die beide Seiten zwingen, sich gegenseitig Dinge zu erzählen, die vielleicht nicht den Umfang an Ausgewogenheit, Sorgfalt, Nachhaltigkeit und Verständnis haben, wie sie es haben sollten.

Können Sie ein konkretes Beispiel geben?

Folkers: Ein Beispiel ist der Gentransfer zur Heilung von bestimmten Stoffwechselerkrankungen oder Immundefekten. Das funktioniert oft. In meinem eigenen Bekanntenkreis gibt es ein Kind mit einer schweren Entwicklungsstörung, bei der ein bestimmtes Eiweiss fehlt. Diese Störung konnte man erfolgreich durch eine Knochenmarkstransplantation beheben. Das ist die gute Seite der Geschichte. Die Kehrseite ist, dass wir bei Menschen nicht nur genetische Phänomene haben, sondern auch epigenetische. Dadurch, dass wir als offene Systeme in permanenter Wechselwirkung mit unserer Umgebung stehen. Diese sorgt beispielsweise dafür, dass Gene zu unterschiedlichen Zeiten aktiviert oder inaktiviert werden. Dieses komplexe System haben wir bei weitem nicht verstanden. Deswegen ist jede solche Behandlung noch ein individuelles Experiment.

«Ich warne davor, zu viele und zu grosse Versprechungen zu machen und damit zu grosse Hoffnungen zu verknüpfen.»

Andreas Bachmann

Man verspricht sich im medizinischen Bereich auch sehr viel von Nano- und Biotechnologie. Wie beurteilen Sie dies?

Andreas Bachmann: Die Nanomedizin oder die Nanotechnologie stehen noch am Anfang der Entwicklung. Vielleicht kann man hier verhindern, was Sie, Herr Folkers, vorhin mit den Belohnungsstrukturen angesprochen haben. Allerdings sieht man bereits eine ähnliche Entwicklung. Es werden teilweise Science-Fiction-Ideen in die Welt gesetzt, die das öffentliche Bild prägen. Andererseits haben viele Forscher ihrerseits eine Tendenz, allzu optimistisch zu beschreiben, was diese Nanotechnologie oder Nanomedizin alles mal können soll und wie schnell das alles gehen soll. Ich warne davor, zu viele und zu grosse Versprechungen zu machen und damit auch zu grosse Hoffnungen zu verknüpfen.

Gehört es nicht auch einfach zur Forschung, dass man gewisse Dinge in Aussicht stellt, um Interesse zu wecken und letztlich finanzielle Unterstützung zu erhalten?

Bachmann: Das ist eine Dynamik der Forschung, natürlich. Die Gefahr im Nanobereich sehe ich darin, dass nun plötzlich alles mit dem Begriff Nano belegt wird, weil man an Forschungsgelder herankommen will. Der Begriff wird sehr undifferenziert verwendet. Dadurch könnte auch die gute, ernsthafte Forschung unter die Räder zu kommen.

Folkers: Ich bin der felsenfesten Überzeugung, dass es eine akademische Forschung geben muss, die komplementär zur industriellen Forschung ist. Die akademische Forschung muss eine Hochrisikoforschung sein, wo man Visionen erarbeiten kann, und sie muss deshalb einer kontinuierlichen Finanzierung unterliegen.

Herr Panke, Sie stehen ganz am Anfang eines neuen Gebiets, der Synthetischen Biologie. Welche Visionen gibt es hier?

Sven Panke: Synthetische Biologie ist für mich im Prinzip ein Versuch, Biologie als Ingenieurwissenschaft zu betreiben und dabei herauszufinden, dass eine ganze Reihe von elementaren Voraussetzungen für ingenieurwissenschaftliche Methodik in der Biologie nicht erfüllt sind. Wenn man es aber schaffte, diese Methodik einzuführen, kann man sich vorstellen, künftig sehr viel komplexere Vorgänge beherrschen zu können als bisher. Für die Medizin hiesse dies, dass wir fähig wären, auch komplexere Behandlungsstrategien in der Gentherapie zu entwickeln. Doch das ist Zukunftsmusik.

Die Öffentlichkeit diskutiert die Synthetische Biologie bei uns noch kaum. Was wird auf uns zukommen?

Panke: In den USA ist recht schnell die Diskussion darüber aufgekommen, ob dieses neue Gebiet mit den bestehenden Regeln zur Gentechnik abgedeckt werden kann. Man kann die Diskussion, wie sie in den USA geführt wird, jedoch nicht unbedingt auf Europa übertragen. In den USA geht es meist um nicht existierende regulatorische Verfahren und fehlende gesetzliche Vorgaben. In Europa gibt es diese bereits. In den USA kamen die Forscher schnell unter Rechtfertigungsdruck, was notgedrungen dazu führt, dass sie potenziell positive Beispiele anführen. Hier sind wir wieder bei den Belohnungsmechanismen. Letztendlich wird die Diskussion über Synthetische Biologie heute meines Erachtens auch in einem grösseren Rahmen geführt, als dies vielleicht gut wäre.

Bachmann: Die Synthetische Biologie wird ein Thema werden. Es wird in Europa >



Die Teilnehmer

1 **Gerd Folkers** ist ordentlicher Professor für pharmazeutische Chemie an der ETH und Leiter des Collegium Helveticum von ETH und Universität Zürich.

2 **Sven Panke** ist Assistenzprofessor für Bioverfahrenstechnik an der ETH Zürich und leitet die Gruppe Synthetische Biologie.

3 **Andreas Bachmann** ist Geschäftsführer von «Ethik im Diskurs», Ethiker und Autor von Publikationen zu Nanobiotechnologie, Pharmakogenetik u.a.





vermutlich mit grossen Vorbehalten aufgenommen werden. Erstens, weil man sagen wird, dahinter stecke wieder die Idee, dass wir als Menschen «Gott spielen», d.h. neue Lebewesen kreieren und insofern neues Leben generieren. Andererseits kommt die ganze Risikodiskussion auf, und diese muss man meines Erachtens unbedingt führen.

Folkers: Es muss aber auch gesagt werden, dass es aus dem Bereich der Synthetischen Biologie bereits ausgesprochen sinnvolle Anwendungen gibt. So können zum Beispiel hochwirksame biologische Kampfstoffe, die irgendwo tonnenweise gelagert sind, durch «synthetische Bakterien» vollständig und sicher abgebaut werden. Das ist enorm nützlich. Natürlich können Sie sich auch vorstellen, genau das Gegenteil damit zu tun.

Ab wann müssen denn Ihrer Meinung nach im Bereich medizinischen Fortschritts ethische Diskussionen einsetzen?

Bachmann: Sie sollten dann einsetzen, wenn man eine Entwicklung noch beeinflussen kann. Die Nanotechnologie ist ein gutes Beispiel. Diskussionen etwa über die Notwendigkeit neuer Regulierungen laufen auch bereits. In der Nanotechnologie geht es zum Beispiel um die Frage, ob Nanopartikel als neue Substanzen angesehen werden, die neue Regeln brauchen oder eben nicht. Entscheidend ist aber auch die öffentliche Wahrnehmung. Die-

«Akademische Forschung muss eine Hochrisikoforschung sein, die einer kontinuierlichen Finanzierung unterliegt.»

Gerd Folkers

se kann in die Irre geführt werden. Letztes Jahr zum Beispiel klagten in Deutschland etwa 100 Personen über Atemnot, nachdem sie mit einem sogenannten Nanospray in Kontakt gekommen waren. Später stellte sich heraus, dass dieser Spray mit Nano gar nichts zu tun hatte.

Folkers: Das ist ein wunderbares Beispiel. Dieser Spray heisst Magic Nano. Er wurde vom deutschen Bundesinstitut für Risikobewertung nach akuten Asthmaanfällen vom Markt genommen. Dann hat man ihn analysiert und dabei herausgefunden, dass er nicht ein einziges Teilchen im Bereich eins bis hundert Nanometer enthält. Ein Marketingeffekt hat einen Nozebo-Effekt ausgelöst, also das Gegenteil von einem Plazebo-Effekt. Die Leute wurden tatsächlich krank – weil sie Nano gelesen haben. Das lässt sich sehr schön nachweisen, weil dieser Spray seit zehn Jahren auf dem Markt ist, aber nie den Namen Nano trug. Bevor es das Etikett Nano gab, wurden keinerlei Atembeschwerden gemeldet.

Man hat aber auch das Gefühl, dass die Öffentlichkeit der medizinischen Forschung nicht so kritisch gegenübersteht.

Panke: Ich habe mich sehr gefreut über den

Ausgang der Diskussion zum Stammzellengesetz in der Schweiz. Aber letztendlich ist auch diese Diskussion in relativ bewährten Bahnen abgelaufen. Auf der einen Seite Wissenschaftler, die händeringend versuchen, die potenzielle Nützlichkeit zu erläutern und eine gewisse Risikofreundlichkeit in der Gesellschaft zu bewahren, und auf der anderen Seite jene, die das in Bausch und Bogen verdammen. Ich fand nicht, dass diese Diskussion besser gelaufen ist als jene zu grüner Gentechnologie.

Folkers: Das grundlegende Problem ist Zeit. Wissenschaftler werden heute in der Regel dafür belohnt, in sehr kurzen Abständen hochqualifizierte Ergebnisse abzuliefern. Stattdessen sollten sie aber dafür belohnt werden, dass sie ihre Verantwortung wahrnehmen. Dazu gehört, dass sie genau diesen Dialog führen, den Sie vollkommen richtig angemahnt haben, Herr Bachmann. Erst wenn wir keine Rankinglisten mehr darüber aufzustellen brauchen, ob es nun sinnvoller ist, vor einer Oberschulklasse zu sprechen oder vor einer Akademie, können wir unsere Verantwortung wahrnehmen. Ein Wissenschaftler, der behauptet, Wissenschaft ohne philosophische Reflexion betreiben zu können, ist in meinen Augen kein Wissen-

«Es gibt keine adäquate Instanz in der Gesellschaft, welche grundlegende Fragen zum Gesundheitsbegriff stellt und diskutiert.»

Sven Panke

schaftler. Es muss die Zeit gegeben werden, ausser der permanenten, immer schneller sich drehenden Möglichkeit, Lösungen für irgend-etwas zu finden oder Daten zu interpretieren, diese auch zu reflektieren.

Bachmann: Es wäre aber auch Aufgabe der Wissenschaft, sich dem zu entziehen.

Panke: Die andere Sache ist, dass Kommunikation nicht einseitig ist. So lange sich die Medien nicht zu einem gewissen Mindestmass an Qualität oder Seriosität bei der Berichterstattung über wissenschaftliche Resultate verpflichten, ist dies eine mühsame Aufgabe.

Nebst den Diskussionen über Risiken hört man auch oft den Vorwurf, dass die Hightech-Medizin die Kosten in die Höhe treibe.

Bachmann: Der hohe technische Standard hat sicherlich einen Einfluss auf die Kosten im Gesundheitswesen. Man muss dies allerdings immer in Relation sehen zum Nutzen. Alles andere würde heissen, dass wir auf Weiterentwicklung verzichten sollten. Ich glaube, dass wir trotz Spardruck mit der Finanzierung langfristig kein Problem haben werden, weder für die Schweiz noch für Europa, noch für Amerika.

Folkers: Wenn Sie das Ideal einer Solidargemeinschaft verfolgen, dann müssen Sie akzeptieren, dass Sie innerhalb einer bestimmten Variation Ausreisser haben, die eben von der Solidargemeinschaft getragen werden wollen. Das ist in der Schweiz grösstenteils noch so. Deswegen stimme ich Ihnen völlig zu. Die Kostenproblematik wird sich wahrscheinlich nicht stellen.

Panke: Andererseits ist es schon so, dass neue Medikamente wie beispielsweise therapeutische Antikörper sehr viel teurer sind als etwa ein Kopfschmerzmittel. Zudem ist die Zielgruppe dafür sehr viel kleiner. Da haben neue Wirkprinzipien durchaus neue Kostenstrukturen geschaffen. Objektiv gesehen, gemessen an der Dosis, geht der Preis in die Höhe.

Folkers: Das ist unbestritten. Je personalisierter eine Medizin wird, umso teurer wird das von der absoluten Menge her. Aber wir reden hier nicht über die Herstellung von Arzneimitteln. Wir reden darüber, innerhalb welchen sozialen Systems das aufgefangen wird.

Es stellt sich doch die Frage einer Zweiklassenmedizin für Arme und Reiche.

Bachmann: Solange wir ein System haben, in dem jeder ein Recht auf die bestmögliche Behandlung hat, unabhängig davon, über welche finanziellen Mittel er verfügt, stellt sich diese Frage nicht. In anderen Gesellschaften, wie beispielsweise in Amerika, ist das Problem einer Zweiklassenmedizin dagegen in der Tat sehr akut.

Folkers: In seinem neusten Roman «Next» phantasiert der amerikanische Autor Michael Crichton auch über individuell zugeschnittene Gentherapien, wobei man sich mit hunderten von Millionen Dollars in Kliniken einkaufen muss. Das ist schlichte Spinnerei.

Bachmann: Ich denke, man sollte vorsichtig sein bei der Verwendung solcher Metaphern, wie der «Individualisierung der Medizin». Die Pharmaindustrie hat doch kein Interesse an solchen Sachen, die will ihre Blockbuster verkaufen. Die Pharmaindustrie steht vor dem Problem, dass ihre Patente ablaufen. Jetzt braucht sie etwas neues. Das sind Medikamente, die sie für grosse Gruppen anwenden können, nicht individuell zugeschnittene Medikamente.

Folkers: Es gibt zwei Trends. Einerseits ist die Pharma gezwungen, Produkte zu verkaufen, für die es eine genügend grosse Population an Abnehmern gibt. Es gibt aber gerade im schweizerischen und süddeutschen Raum auch kleine Startup-Firmen, die sich beispielsweise auf neurodegenerative Erkrankungen bei Kindern spezialisieren. Es gibt vielleicht 15 oder 20 Leute in der Schweiz, die unter so einer Krankheit leiden. Damit kann eigentlich niemand Geld verdienen, aber es funktioniert auf eine andere Art. Es sind Sponsoren, Investoren, Mäzene und öffentliche Hände, die diese Forschung finanzieren. Für die grossen Pharmaunternehmen ist das kein Modell.

Bachmann: Da können schon Probleme entstehen bezüglich Finanzierbarkeit. Ich möchte das Beispiel von Alt-Bundesrat Tschudi anführen. Die Ärzte gingen damals von einer einzigen wirksamen medikamentösen Behandlung aus, die aber sehr teuer und nicht kassenpflichtig war und die er sich nicht leisten konnte. Der Mann war 85 Jahre alt, und es stellte sich die Frage ob diese teure Behandlung überhaupt gerechtfertigt sei.

Diese Frage stellt sich doch generell bei der medizinischen Behandlung von sehr alten Menschen und ist nicht auf kleine Gruppen beschränkt.

Folkers: All das ist nicht nur eine Frage der Medikation. Es ist auch eine Frage der Analytik und der Computersteuerung. Auf einer modernen Intensivstation ist der Patient heute umgeben von einem Rechner, der die gesamte Therapie steuert. Jetzt kann man sich fragen, welcher Algorithmus liegt auf diesem Rechner? Was ist das anthropologische Modell, das programmiert wurde? Der Rechner findet dann eine perfekte Lösung. Er stellt die Blutgerinnung in einer Weise ein, dass sie sowohl der Lunge gerecht wird als auch dem drohenden Herzinfarkt und der potenziellen Hirnblutung. Das ist eine unglaublich schmale Gratwanderung, die heute durch diese präzise Technologie möglich geworden ist, die aber die Konsequenz hat, dass die Leute immer länger überleben. Solche Hightech verursacht pro Spitaltag eine erkleckliche Summe an Kosten. Aber wir haben doch überhaupt gar keine andere Wahl. Wer will denn ernsthaft verlangen, dass wir auf die alte indianische Praxis zurückkommen und alle Leute mit den ersten grauen Haaren in der Wüste unter einen Baum setzen und weiterziehen?

Bachmann: Man muss sich ernsthaft überlegen, von welchem Krankheits- beziehungsweise Gesundheitsbegriff wir ausgehen. Welche Medikamente wollen wir bezahlen, und was ist überhaupt unter Gesundheit und Krankheit zu verstehen?

Panke: Es gibt aber auch keine adäquate Instanz in der Gesellschaft, welche eben diese Fragen stellt. Für mich hat das sehr viel mit Medienversagen zu tun. Ich sehe keine Debatte darüber, was gesund ist. Ich sehe keine Debatte darüber, ob wir eigentlich genug über die Dinge wissen, über die wir entscheiden müssen. All diese Diskussionen existieren gar nicht.

Bachmann: Teilweise werden diese Diskussionen schon geführt, beispielsweise unter dem Stichwort Medikalisierung. Bestimmte Phänomene, die man früher gar nicht als Krankheit bezeichnete, werden plötzlich als solche beschrieben. Hyperaktivität oder Sozialphobie sind Beispiele dafür. Der Krankheitsbegriff dehnt sich aus. Da geht es auch um Lifestyle und Medikamente. Ist Viagra ein Medikament? Von der Antwort auf diese Frage hängt dann auch ab, ob eine Krankenkasse ein solches Mittel bezahlen muss oder nicht. //

Das Gespräch führten Martina Märki und Conny Schmid

Schlüssel für die Medizin der Zukunft

Seit Anfang dieses Jahres gibt es an der ETH Zürich verschiedene Zentren¹, die im Rahmen von SystemsX, der Schweizer Initiative für Systembiologie, aktiv sind. Prof. Wilhelm Krek vom Kompetenzzentrum für Systemphysiologie und metabolische Krankheiten erläutert, warum die Systembiologie ein neues Zeitalter der Medizin einläuten könnte.



Prof. Wilhelm Krek (Foto: Alexander Sauer)

Wozu brauchen wir Systembiologie?

Die Systembiologie versucht die Wechselwirkungen aller Elemente in einem biologischen System zu erfassen und dann in dynamische Computermodelle zu integrieren und zu simulieren. Die Idee ist, unter anderem, neue Angriffspunkte für Medikamente zu erhalten und mögliche Nebenwirkungen von Medikamenten einmal besser voraussagen zu können.

Was kann die Systembiologie, was die Molekularbiologie nicht kann?

Die Systembiologie beruht auf den Grundlagen der Molekularbiologie und der Entschlüsselung des Humangenoms. Im Unterschied zur Molekularbiologie werden in der Systembiologie quantitative Daten erhoben. Jetzt sind wir in der Lage, auf diesen Eckpfeilern aufzubauen, um hier ein integratives Systemverständnis zu erreichen. Dazu braucht es auch andere Disziplinen. Und das finde ich persönlich sehr spannend: die Zusammenarbeit mit Kollegen aus der Medizin und aus anderen Wissenschaftsbereichen wie den Ingenieur- und den Computerwissenschaften. Dieser interdisziplinäre Forschungsansatz wird, bin ich überzeugt, einen sehr grossen Einfluss auf die Medizin der Zukunft haben, die prädiktiver Natur sein wird.

Lässt sich das an einem konkreten Beispiel fassen?

Unser Zentrum für «Metabolic Diseases» führt einen sehr starken Verbund mit der medizinischen Fakultät der Universität Zürich um den Brückenschlag zwischen Systembiologie und Medizin zu ermöglichen. Dort haben Pathologen eine Technologieplattform aufgebaut, die es erlaubt, eine Vielzahl von Genen in menschlichem Material zu untersuchen und deren Verhalten in Zusammenhang mit einer Krankheit zu stellen. Es geht um Fragen wie: Was bedeutet es, wenn in einer bestimmten

Krebsart bestimmte Gene überexprimiert sind oder fehlen? Lassen sich daraus Vorhersagen ableiten für ein aggressiveres Verhalten des Krebses oder für die Entstehung von Diabetes? Dank Hochdurchsatztechnologien können wir heutzutage hunderte von Proteinen analysieren und in Zusammenarbeit mit Computerwissenschaftlern der ETH Zürich die Komplexität der Datenmengen erfassen und damit relevantere Aussagen über die Entstehung und den Verlauf von Krankheiten machen.

Welche Aussagen können Sie heute dank der Systembiologie machen?

Wir sagen jetzt nicht mehr: Dieses einzelne Gen ist verändert in einem Krankheitszustand, sondern wir reden von Mustern, von ganzen Gruppen von Genen und wie sie sich im Zusammenhang mit bestimmten klinischen Parametern verhalten. Aussagen basierend auf solchen Mustern sind natürlich prädiktiver. Wenn wir Computermodelle vom Verhalten einer Zelle hätten, dann könnten wir natürlich am Computer nachspielen, was passieren würde, wenn man in einem Signalnetzwerk, das man modelliert hat, irgendwo Veränderungen einbringt. Was verändert sich im System und was sagt dies voraus über das Verhalten einer Zelle? Wenn dies gelingt, hat das einen enormen Einfluss auf die Medizin. Ich kann ausprobieren, was passiert und welches die relevanten Zielproteine sind. Nun sehe ich es allerdings erst auf dem Computer. Aber ist das auch wirklich relevant in physiologischen Zuständen? Die molekulare Physiologie, die Analyse von solchen Vorgängen in komplexen Organismen bzw. Tiermodellen wird eine zentrale Rolle in der Medizin der Zukunft einnehmen. Und wie ist es in Patienten? Patienten sind verschieden!

Das führt uns zur personalisierten Medizin?

Ja. Eine personalisierte Medizin setzt natür-

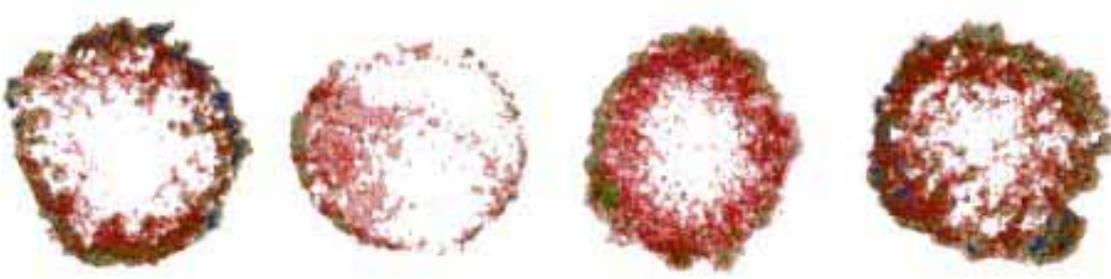
lich voraus, dass man besser versteht, wie die Gesamtheit eines Systems funktioniert und wie sie verschieden ist in den einzelnen Menschen, um selektiv und patientenspezifisch einzugreifen. Ich gebe ihnen ein Beispiel aus der Krebsforschung: Bei Lungenkrebs hat man ein Medikament entwickelt, das über einen Rezeptor auf ein Oberflächenprotein wirkte. Die klinischen Versuche haben dann entgegen den Erwartungen gezeigt, dass dieses Medikament in klinischen Studien einen nicht sehr grossen Effekt hatte. Weitere Forschung hat dann gezeigt, dass dieses Medikament speziell nur bei einer Patientengruppe wirkt, nämlich bei Lungenkrebspatienten, die Nichtraucher sind. Das zeigt, wie wichtig es ist, komplexe Muster und individuelle Unterschiede zu erkennen und zu verstehen.

Welche Voraussetzungen sind nötig, damit die Systembiologie in der Medizin wirksam wird?

Wenn man über Medizin der Zukunft spricht, dann braucht es einen nahtlosen Übergang von der molekularen Grundlagenforschung über die Systembiologie bis hin zur biomedizinischen Forschung und natürlich die Einbindung der Industrie und der Gesellschaft. Am Ende stellt sich die Frage, wie diese Forschung zu Problemen wie Volksgesundheit und Umwelteinflüssen beitragen kann. Und solche Probleme können nicht nur Grundlagenwissenschaftler, Mediziner und Pharmaindustrie lösen, sondern dazu gehören auch «policy makers», die die Grundlagen schaffen, damit neueste, grundlegende Erkenntnisse gewonnen und effizient umgesetzt werden können. //

Interview: Martina Märki

¹Department of Biosystems Science and Engineering (D-B SSE); Institute of Molecular Systems Biology (IMSB); Competence Center for Systems Physiology and Metabolic Diseases (CC-SPMD)



Dank neuen Ingenieurs-Verfahren kann man jetzt den Knochen beim Wachsen zusehen.

ETH am Puls: Ingenieure und Lebenswissenschaften

Die Zusammenarbeit von Ingenieuren, Natur- und Biowissenschaftlern zum Wohl der Medizin ist an der ETH Zürich eine starke Triebfeder für innovatives Forschen. In den nächsten Monaten will die ETH dies mit verschiedenen Kommunikationsangeboten nach aussen tragen.

Moderne Medizintechnik macht sich die neuesten Erkenntnisse aus Wissenschaft und Technik zunutze, um diagnostische Aussagen früher, treffsicherer und zuverlässiger machen zu können. Damit wird das therapeutische Vorgehen nach Möglichkeit minimalinvasiv, weniger belastend und zielgerichteter. In Zukunft werden die verschiedenen diagnostischen Möglichkeiten noch stärker durch moderne Informations- und Kommunikationstechnologien mit den therapeutischen Methoden verbunden werden und dies wird es ermöglichen, den Menschen aufgrund umfassender Informationen noch zielgerichteter zu behandeln. Die Zusammenarbeit von Ingenieuren und Lebenswissenschaftlern bringt hier immer wieder neue Impulse. Die Vielfalt der so entstehenden Forschungsfragen und Projekte ist fast unüberschaubar. Die ETH Zürich hat in diesem Bereich ein immenses Wissen entwickelt und kann sowohl im Bereich der Erforschung von Therapien von Krankheiten als auch im medizinischen Apparatebau auf ein umfangreiches und international breites Know-how verweisen. Die vielseitigen Projekte sollen nun im Rahmen einer Kommunikationskampagne in der Öffentlichkeit bekanntgemacht werden.

Vom Elektroingenieur zum Knochenzüchter
Auftritt bildete eine Präsentation von Ralph Müller an der Jahresmedienkonferenz der

ETH Zürich vom 15. Mai. Der Professor für Biomechanik am Departement für Maschinenbau und Verfahrenstechnik (D-MAVT) ist von Haus aus eigentlich Elektroingenieur. Später befasste er sich mit mikrostruktureller Bildung und neuen Visualisierungstechniken von biologischem Gewebe und Biomaterialien, im Besonderen Knochen. In einem seiner neuesten Projekte nun geht es nicht mehr nur darum, Knochen bis in die Tiefenstrukturen hinein zu analysieren und abzubilden, sondern menschliches Knochenmaterial auf der Basis von adulten Stammzellen kontrolliert ausserhalb des menschlichen Körpers wachsen zu lassen. Erstes Ziel ist weniger, dieses Knochenmaterial später in den menschlichen Körper einzufügen. Vielmehr geht es zunächst darum, lebendes «menschliches» Knochenmaterial für Untersuchungs- und Versuchszwecke zur Verfügung zu stellen. So können zum Beispiel Tierversuche vermieden werden. Das Besondere am Projekt ist, dass es nun erstmals möglich ist, dem Knochenwachstum in jeder Phase sozusagen zuzusehen, ohne dass der Wachstumsprozess gestört wird. Ausserdem können die Knochenkulturen während des Wachstums verschiedenen Belastungstests (Druck, Reibung usw.) ausgesetzt werden und ihre Reaktion darauf lässt sich messen. Zum ersten Mal ist es so möglich, gezielt den Wachstumsprozess zu verfolgen und – ebenso gezielt – «on the

fly» zu beeinflussen. Ein eigentliches Engineering von Knochenherstellung wird so denkbar. Die so gewonnenen Erkenntnisse werden wesentlich bei der Entwicklung von besseren Knochenimplantaten helfen.

ETH am Puls: Gesundheit & Technologie

Ralph Müller ist ein Beispiel für die geglückte Kombination von Ingenieurkunst und Lebenswissenschaften. Als Direktor des Bioengineering Cluster leitet er einen Verbund von mehr als 30 Professuren aus Ingenieur- und Lebenswissenschaften aus nahezu allen Departementen der ETH Zürich, die beide Bereiche miteinander verbinden. Zahlreiche weitere Verbünde und Projekte an der ETH, in Zusammenarbeit mit Universität und Universitätsspital Zürich und in Verbindung mit der Industrie dienen der Entwicklung der Medizin der Zukunft. Sie sollen in den nächsten Monaten im Rahmen der Kampagne «ETH am Puls: Gesundheit & Technologie» sichtbar werden. Mehr zur Kampagne und den damit verbundenen Veranstaltungen finden Sie im Newsticker auf Seite 6 und auf der Website www.eth-am-puls.ethz.ch. //

Martina Märki

Disziplin – Tempo – Entscheidungsfreude

Wo liegen die Herausforderungen für eine junge Firma für die Entwicklung von Medikamenten der Zukunft? Corinne John, Leiterin des ETH Spin-offs Redbiotec AG, schildert ihre Sicht als Jungunternehmerin eines Hochschul-Spin-offs.

«Innovative Technologien bieten oft viele Anwendungsmöglichkeiten, um Medikamente für verschiedenste Krankheitsbilder zu entwickeln.» Corinne John

Ein junges Unternehmen, welches patentierte Technologien aus der Hochschule lizenziert mit dem Ziel, innovative Medikamente zu entwickeln, sieht sich zu Anfang mit vielen Herausforderungen konfrontiert, die jenseits den typischen Herausforderungen der Medikamentenentwicklung liegen.

Das Team in einem Spin-off besteht häufig aus Forschern, die lange Jahre an der Universität geforscht haben. Nun müssen sie den Übergang von der Grundlagenforschung hin zur Entwicklung und Kommerzialisierung eines Produktes durchführen. Das erfordert von den Forschern, auf unternehmerisches Denken umzustellen. Aufgrund der knappen Ressourcen in einem jungen Unternehmen können nur diejenigen Projekte durchgeführt werden, die für den Markt relevant sind. Das erfordert eine sehr starke Fokussierung des Teams. Der Forschungsspielraum der Hochschule besteht nicht mehr, wo verschiedenste Hypothesen parallel getestet werden können. Der Arbeitsrhythmus benötigt ein hohes Mass an Disziplin, um sich nicht in den vielfältigen administrativen Aufgaben zu verlieren. Des Weiteren ist ein schnelles Tempo wichtig, um den technologischen Vorsprung, den man aus der Hochschule mitnimmt, zu nutzen und aufrechtzuerhalten.

Die strategische Zielsetzung ist ein weiterer wichtiger Faktor. Innovative Technologien bieten oft viele Anwendungsmöglichkeiten, um Medikamente für verschiedenste Krankheitsbilder zu entwickeln. Solche Technologien, kombiniert mit einer Vielzahl innovativer Ideen der Forscher, führen zur Schwierigkeit, sich für eine Richtung zu entscheiden. Welche Krankheit soll angegangen werden? Was ist ein neuartiges Medikament? Wie sieht die Patentsituation aus? Was ist für den Markt relevant? In der Schweiz sind wir in der glücklichen Situation, dass es für junge Unternehmen sehr gute Unterstützung durch Experten im Pharma- und Biotechbereich gibt, um den richtigen Weg zu finden.

Das Unterfangen, ein Medikament zu entwickeln, sei es nur von der Forschung bis hin zu ersten Tierversuchen, ist sehr teuer und besonders in

dieser frühen Phase hochriskant. Es benötigt gutes Personal und eine teure Laborinfrastruktur. Um das Wachstum zu finanzieren, gibt es folgende Wege: Entweder aus eigenen Mitteln oder durch Fremdfinanzierung. Das Wachstum aus eigenen Mitteln, z.B. durch Auftragsforschung, ermöglicht eine gewisse Freiheit in der Strategie. Dieses Modell birgt jedoch die Gefahr, den technologischen Zeitvorsprung in der Medikamentenentwicklung zu verlieren. Um diesen Vorsprung nicht einzubüssen, ist die schnellere Wachstumsvariante durch Fremdfinanzierung eine Möglichkeit. Dort geht allerdings der Trend dahin, dass erst sehr spät, dann aber sehr grosse Summen investiert werden. Häufig dreht es sich hier um Projekte in der klinischen Phase, wenn bereits enorme Investitionen in langjährige Entwicklungsarbeit getätigt wurden und das Risiko des Scheiterns sinkt. Aus diesem Grund muss das Spin-off das Potenzial frühzeitig kommunizieren, um Stiftungen, Investoren und Organisationen zu gewinnen, die bereits in einer frühen Entwicklungsphase eine Anschubfinanzierung leisten.

Zusammenfassend ist die Transition von der Forschung an der Hochschule hin zur Entwicklung eines innovativen Medikaments in einem Spin-off-Unternehmen ein spannender Weg mit vielschichtigen Herausforderungen. Die Bedingungen dafür in der Schweiz sind gut. Die Unterstützung durch Experten und die Bereitschaft, auch frühzeitig finanzielle Unterstützung zu leisten, ist vorhanden. Gute Ideen für neue Medikamente werden in Kombination mit unternehmerisch denkenden, motivierten Forschern eine Chance auf eine erfolgreiche Umsetzung haben.

Corinne John ist ehemalige ETH-Forscherin und jetzige Leiterin der ETH-Spin-off Firma Redbiotec AG, die im November 2006 geründet wurde. Mit einer patentierten Methode zur Herstellung grosser Proteinkomplexe sollen Medikamente gegen Krankheiten wie Krebs, Diabetes oder Alzheimer entwickelt werden.

» www.redbiotec.ch



Vorbeugung – Früherkennung – Individuelle Medizin

Was kann die Forschung zur Medizin der Zukunft beitragen, und wie sieht sie ihre Rolle im Vergleich zur Pharmaindustrie? Peter Seeberger, Professor für organische Chemie, plädiert für eine starke Förderung der medizinischen Forschung an den Hochschulen.

«Grundlegend neue Ansätze werden nur durch Grundlagenforschung an den Hochschulen hervorgebracht.» Peter Seeberger

Die Lebenserwartung in den Industrienationen ist im letzten Jahrhundert stark gestiegen; gleichzeitig verbleibt das Gesundheitssystem in vielen Entwicklungsländern auf dem Stand desjenigen im Europa des 19. Jahrhunderts. Während Kinder in Afrika an Krankheiten sterben, die wir in der Schweiz längst im Griff haben, müssen wir lernen, Krankheiten wie Krebs, Alzheimer und Diabetes erfolgreich zu bekämpfen. Kosteneffiziente Gesundheitsvorsorge und Behandlung stellen dabei eine zentrale Herausforderung dar. Die folgenden Bereiche werden eine besondere Bedeutung in der Medizin der Zukunft einnehmen:

Impfstoffe: Der Prävention von parasitären (z.B. Malaria), bakteriellen (z.B. Tuberkulose) und viralen (z.B. HIV) Infektionskrankheiten mit Hilfe von Impfstoffen wird immer wichtiger. Um der Armut zu entkommen, muss die Bevölkerung grosser Teile Afrikas und Südostasiens geschützt werden. Impfstoffe sind die kostengünstigste Methode dieser Prävention, aber gegen Malaria, TB und HIV gibt es noch keinen wirksamen Schutz, und viel bleibt noch zu tun.

Diagnostik: Die Behandlung vieler Krankheiten ist dann erfolgreich, wenn diese frühzeitig erkannt werden. Die verbesserte Diagnostik von Krebs, Alzheimer, aber auch bakterieller und viraler Infektionen wird in der Zukunft neue Möglichkeiten zur Intervention eröffnen und damit helfen, Kosten zu senken.

Individuelle Medizin: Unsere genetischen Unterschiede bedingen, dass gewisse Medikamente nur für einen Teil der Patienten wirksam sind. Bisher wurden solche nur bedingt wirksamen Medikamente in klinischen Studien als unbrauchbar klassifiziert. Die «individuelle Medizin» der Zukunft wird es jedoch erlauben, festzustellen, ob ein Patient von einem bestimmten Wirkstoff profitieren kann. Damit werden die, welche von diesen Medikamenten profitieren können, behandelt werden. Patienten, für die ein Präparat nutzlos ist, wird eine mit Nebenwirkungen behaftete Behandlung erspart.

Für die Behandlung von Krankheiten, die derzeit noch nicht geheilt werden können, wie zum Beispiel Krebs und neurodegenerative Krankheiten, wird sowohl Grundlagen- als auch anwendungsbezogene Forschung nötig sein. Die Kostenexplosion im Gesundheitsbereich in den Industrienationen sowie die medizinische Unterversorgung in anderen Teilen der Welt bedingen die Entwicklung von verstärkten Initiativen zur Vorbeugung, Frühdiagnose und individuellen Intervention. Der Pharmaindustrie wie auch den Hochschulen kommen in diesem Zusammenhang wichtige, aber unterschiedliche Rollen zu. Grundlegend neue Ansätze werden nur durch Grundlagenforschung an den Hochschulen hervorgebracht werden. Diese oft nicht anwendungsbezogene Forschung setzt verstärkt Investitionen staatlicher und anderer Förderer voraus. Die Entwicklung der an den Hochschulen oder kleinen Biotech-Firmen entdeckten Wirkstoffe könnten dann von grösseren Pharmafirmen übernommen werden. Dieses Konzept ergibt sich klar aus dem verminderten Risiko einerseits, aber auch aus der grösseren Finanzkraft und Entwicklungserfahrung der Industrie andererseits.

Krankheiten, die vorwiegend für Entwicklungsländer von Bedeutung sind – und damit für den Grossteil der Menschheit – werden eine spezielle Herausforderung für akademische Forscher sein. Dieses wirtschaftlich wenig interessante Gebiet wird der Schlüssel zur Verringerung des Wohlstandsgefälles sein. Es wird aber auch dramatisch zur Veränderung der Lebensbedingungen beitragen und bietet eine Möglichkeit für die akademischen Forscher, die Medizin der Zukunft zu beeinflussen. Genügend Herausforderungen und wichtige Probleme gibt es, sie müssen nun mit innovativen Ansätzen angegangen werden.

Peter H. Seeberger ist Professor am Laboratorium für Organische Chemie der ETH Zürich. Er entwickelt Impfstoffe auf der Basis von Zuckern. Die Hamburger Körber-Stiftung vergibt den diesjährigen, mit 750 000 Euro dotierten Körber-Preis an ihn.

▫ www.seeberger.ethz.ch



IT bei UBS – ein Einstieg mit Zukunft

Alexandra Hochuli absolviert nach ihrem Studium der Wirtschaftsinformatik das Graduate Training Program (GTP) bei UBS. Hier schildert sie ihre Erfahrungen.

Warum haben Sie UBS und nicht eine IT-Firma für Ihre Ausbildung gewählt?

Mir gefällt die Bankenwelt. Ich habe eine Banklehre gemacht und anschliessend Wirtschaftsinformatik studiert. Ich interessiere mich vor allem dafür, den Anwendern die Computerwelt leicht zugänglich zu machen. Bei UBS kann ich mein Wissen optimal einsetzen, also bin ich hier an der richtigen Stelle.

Was fasziniert Sie persönlich an der Welt der Computer?

Faszinierend finde ich, wie rasant die Computer unser Leben verändern und alles beschleunigen. Die Vorstellung, dass Informatik eine rein technische Disziplin ist, wo man im stillen Kämmerchen an Programmen brütet, ist falsch. Ich arbeite sehr viel mit Anwendern und Entwicklern zusammen und habe eher eine Übersetzerfunktion. So finden wir Lösungen, die unseren Kunden das Leben leichter machen.

Die IT gilt als Männerdomäne. Fühlen Sie sich als Frau allein gelassen?

Überhaupt nicht! Ich habe bei UBS die Erfahrung gemacht, dass man als Frau in der IT sehr gut akzeptiert wird. Insgesamt habe ich den Eindruck, dass sich immer mehr Frauen die Computerwelt erschliessen.

Was macht in Ihren Augen das GTP aus?

Das GTP ist ein Sprungbrett für eine Karriere bei UBS. Das GTP bietet viele Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten. Zudem werde ich während des gesamten Programms durch einen Senior Manager gecoacht und erhalte Support vom Program Management. Dazu kommen gute Karriereaussichten: Fachspezialisten sind sehr gefragt und UBS bietet viele Möglichkeiten, sich weiter zu entwickeln.

Warum würden Sie UBS als Arbeitgeberin und das GTP empfehlen?

Mir gefällt das Arbeitsklima bei UBS: Man arbeitet im Team und wird immer mit neuen Aufgaben konfrontiert, bei welchen man sich bewähren muss.

Das GTP ist sehr anspruchsvoll und erfordert viel Eigeninitiative, gibt aber auch viel zurück: Neue Ideen, internationale Kontakte und Einblick in verschiedene Arbeitsgebiete.



Sind Sie interessiert an einem Karrierestart für Graduates?

Informationen über das Graduate Training Program (GTP) erhalten Sie unter www.ubs.com/graduates



UBS is proud to be National Supporter

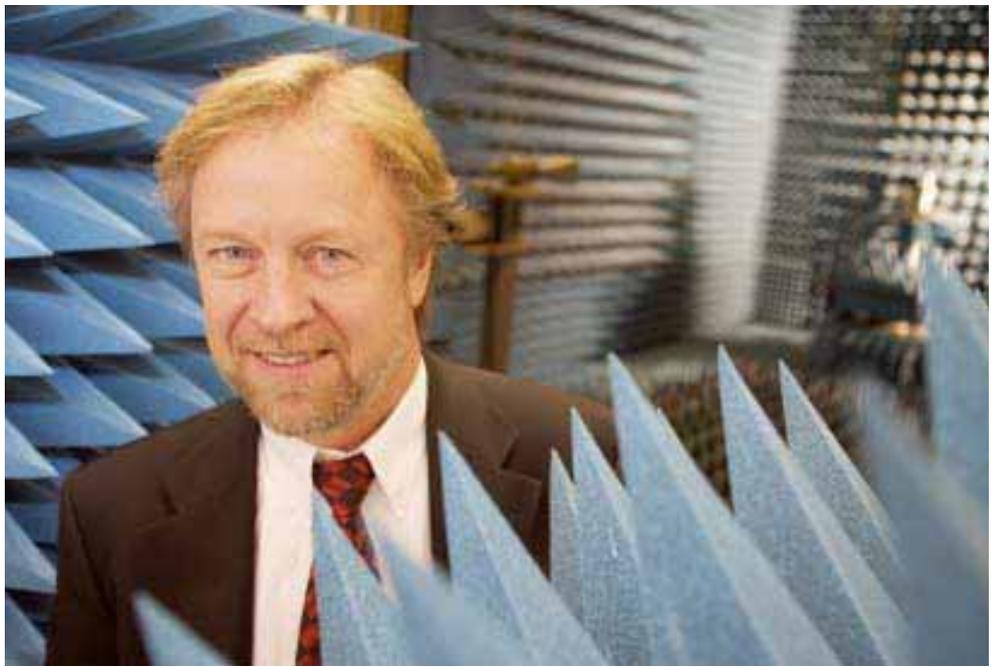


What keeps UBS at the forefront of global financial services? Your skills, commitment and ambition to be the best. Our innovation comes from your creativity and appetite for challenge. The ideas you share with colleagues help develop the products and services that sustain our market leadership positions across Europe, the Americas and Asia Pacific. A dynamic and diverse environment provides you with every opportunity to fulfill your potential and further our achievements. Industry-leading training programs help you to hit the ground running. How far you go is up to you.

It starts with you:
www.ubs.com/graduates

You & Us





Initiierte das neue Kompetenzzentrum SEREC: Prof. Rüdiger Vahldieck. (Foto: Daniel Boschung)

Untereinander vernetzen, nach aussen verlinken

Das neue ETH-Kompetenzzentrum «Swiss Electromagnetics Research & Engineering Centre» (SEREC) soll den Austausch zwischen Forschenden im Bereich elektromagnetische Felder fördern und gleichzeitig Kontakte zwischen Industrie, Behörden und Forschenden vermitteln.

«Plattform», «Drehscheibe» und «Think Tank» – mit diesen Worten beschreibt Rüdiger Vahldieck kurz die Funktion des neu gegründeten ETH-Kompetenzzentrums «Swiss Electromagnetics Research & Engineering Centre» (SEREC). Vahldieck, Professor für Feldtheorie am Institut für Feldtheorie und Höchstfrequenztechnik, ist der Initiator des Kompetenzzentrums. «Eigentlich wollte ich SEREC schon viel länger gegründet haben», sagt er, «die Schaffung einer solchen Plattform war überfällig», denn im letzten Jahr haben sich an seinem Institut Anfragen von Unternehmen gehäuft. «Bisher wussten die Firmen nicht, an wen sie sich wenden sollten, nun gibt es die Anlaufstelle SEREC.» In erster Linie geht es Vahldieck aber um die Vernetzung der Forschenden, da an vielen Institutionen in der Schweiz – von der EPF Lausanne über die Uni Bern bis zu den Fachhochschulen – unabhängig voneinander Forschung im Bereich elektromagnetischer Felder

und Wellen betrieben wird: «Wir wissen zwar voneinander, wer was macht, aber nicht immer im Detail, und manchmal gibt es auch grosse Überlappungen.»

Kernthema: elektromagnetische Verträglichkeit

Das Forschungsgebiet ist gross, denn elektromagnetische Felder spielen in sehr breiten Anwendungsgebieten eine Rolle. Ein SEREC-Kernthema, so Vahldieck, werde sicher die elektromagnetische Verträglichkeit sein: «Die Gesellschaft wird immer mehr «elektronisiert», entsprechend sind wir immer mehr elektromagnetischen Feldern auf tiefem Level ausgesetzt», so Vahldieck. Diese Felder hätten nicht nur eine mögliche Wirkung auf das biologische Umfeld, sondern auch auf die technische Umwelt. «Je mehr Elektronik Sie um sich haben, desto mehr wächst die Gefahr, dass diese Elektronik unerwünscht miteinander interagiert. Deshalb muss man bereits bei

der Entwicklung elektronischer Geräte schon elektromagnetisch fundiertes Wissen mit einbauen.» Weitere Themenschwerpunkte sieht Vahldieck bei der Risikoabschätzung von elektromagnetischer Strahlung und deren Auswirkung auf den Menschen, dem Entwurf von elektronischen Schaltungen und Antennen, in der Medizinaltechnik, der drahtlosen Kommunikation, der Opto- und der Fahrzeugelektronik, der Sensorik und der Sicherheitstechnik – ein weites Feld. «Wenn man die verschiedenen Bereiche jedoch wie in einen Trichter zusammenführt, sind es einige wenige Problemfelder, die alle beschäftigen», sagt Vahldieck. Die SEREC-Träger seien aber nicht nur an anwendungsorientierter Forschung interessiert, denn die Simulation elektromagnetischer Felder etwa in der Nanooptik und der Nanoelektronik stelle eine grosse Herausforderung dar und sei gleichzeitig unabdingbar, um das Potenzial in der Nanotechnologie voll ausschöpfen zu können. >



Sie sind auf dem Sprung in die Zukunft. Wohin soll die Reise gehen?

Sie wollen in einem fortschrittlichen Umfeld den Weg in Ihre berufliche Zukunft unter die Füße nehmen. Bei spannenden Aufgaben und Projekten Ihr Wissen anwenden und ständig erweitern. Ihre Kompetenzen weiterentwickeln und vorwärts kommen. Bei Swisscom finden Sie ideale Voraussetzungen dazu. In der Welt der Telekommunikation, die spannende Perspektiven erschliesst. In einem Unternehmen, das mit immer wieder neuen Produkten und Dienstleistungen wegweisend ist.

Packen Sie Ihre Chance und kommen Sie mit. Im Rahmen eines Praktikums, als Trainee oder indem Sie sich gleich für einen Vollzeitjob entscheiden. So oder so sind Sie bei Swisscom gut unterwegs. Unter idealen Arbeitsbedingungen. Und in einer von Teamgeist geprägten Atmosphäre. Worauf warten Sie noch? www.swisscom.com/getintouch

Swisscom – Einfach verbunden.

«Finanziert die Industrie Forschung in emotional geladenen und politisch brisanten Themenbereichen, muss sichergestellt werden, dass unabhängig von politischen und wirtschaftlichen Interessen geforscht werden kann.»

Rüdiger Vahldieck, Initiator des neuen Kompetenzzentrums SEREC

Der Informationsaustausch zwischen den Forschenden ist wichtig. Doch wie gross ist ihre Bereitschaft, sich auszutauschen – womöglich mit wissenschaftlichen «Konkurrenten» oder mit Mitarbeitenden einer «rivalisierenden» Hochschule? «Der Umgang war schon bisher kollegial», findet Vahldieck. «Es besteht eine ziemlich grosse Kooperationsbereitschaft; trotzdem pflegen wir eine gesunde Konkurrenz.» Explizit auf das Verhältnis zwischen ETHZ und EPFL angesprochen, betont Vahldieck, dieses sei konstruktiv: «Ich arbeite gerne mit den Kollegen von der EPFL zusammen.» Allerdings würden auf der politischen Ebene gegenwärtig die falschen Zeichen gesetzt, die über kurz oder lang einen negativen Einfluss auf diese Zusammenarbeit haben könnten: «Wir haben SEREC ganz bewusst als schweizweites Zentrum mit Einbezug der EPFL geschaffen, um zu zeigen, dass wir dieser Entwicklung entgegensteuern müssen.»

Link zu Industrie und Behörden

SEREC soll aber nicht nur die Forschenden miteinander vernetzen, sondern auch eine Verlinkung mit Industrie und Behörden schaffen. Bei Bund und Kantonen sieht Vahldieck mögliche gemeinsame Interessensgebiete in den Bereichen elektrische Energietechnik, Kommunikationstechnologie, Sicherheitstechnologie, Radartechnik, Flughafensicherheit und Militärtechnik. So gehören denn auch Vertreter der Bundesämter, der Schweizer Armee und der Elektrizitätswerke zu den bisher gegen 40 «Founding Members» von SEREC. «Langfristig soll SEREC über Mitgliederbeiträge und Sponsoring finanzieren werden.» Mit Fortbildungskursen, Workshops und Konferenzen will Vahldieck zusätzliche Mittel generieren.

Der momentane Bedarf an Mitteln hält sich in Grenzen, da es in erster Linie darum geht, «Leute zusammenzubringen» und SEREC via einen Newsletter über den Kreis der «Founding Members» hinaus bekannt zu machen.

Als Plattform-Betreiberin will SEREC nicht nur die Forschenden dabei unterstützen, grosse Forschungsprojekte zusammenzustellen und durchzuführen, sondern auch den Zugang zu spezialisierten Messgeräten und Laborverfahren sicherstellen, die selten alle an einem Ort vorhanden sind. Darüber hinaus soll SEREC als Drehscheibe dienen, um Firmen mit konkreten Anliegen und Problemen mit den entsprechend qualifizierten Forschenden zusammenzubringen. Zudem soll die Industrie ihre Anliegen und Interessen frühzeitig in die Plattform einspeisen können – und auch Auftragsforschung lancieren: «Ich habe kein Problem mit Auftragsforschung, denn bereits jetzt mache ich mit meiner Gruppe Vorentwicklungen für die Industrie», sagt Vahldieck. Auch eine Mitfinanzierung von SEREC durch die Industrie ist für Vahldieck wünschenswert: «Es ist ja ein Angebot, das beiden Seiten dient, wir vermitteln Experten und damit Wissen, das der Industrie fehlt.» Gleichzeitig ist sich Vahldieck bewusst, dass im Themenbereich elektromagnetische Felder einige Produkte und Projekte existieren, die öffentlich sehr emotional diskutiert werden – etwa der Mobilfunk. Diese Problematik ist ihm als Stiftungsratspräsident und Mitglied des Wissenschaftlichen Ausschusses der Forschungsstiftung Mobilkommunikation (FSM) bekannt: Die FSM fördert, finanziert durch die Schweizer Mobilfunkanbieter, die Forschung über «Chancen und Risiken der Mobilkommunikation» und die «interessenneutrale Vermittlung von Forschungsfakten und Wis-

sensunsicherheiten an die Gesellschaft». «Die Mobilfunkprovider finanzieren die Stiftung, doch die Projektevaluation und Geldvergabe geschieht vollständig unabhängig von den Sponsoren durch ein externes Expertengremium», betont Vahldieck: «Die Stiftung steht also wie ein Wall zwischen Industrie und Forschenden.»

Dagegen wird SEREC sich mehrheitlich mit anderen Bereichen als der politisch umstrittenen Mobilfunk-Thematik befassen.

Debatte versachlichen

Dennoch ist Vahldieck «Umsicht» sehr wichtig: «Finanziert die Industrie Forschung in emotional geladenen und politisch brisanten Themenbereichen, muss sichergestellt werden, dass unabhängig von politischen und wirtschaftlichen Interessen geforscht werden kann.» Nur dann könne die Wissenschaft zu einer Versachlichung der Diskussion beitragen, Sachwissen kommunizieren und Falschansagen richtigstellen. Allerdings habe die Emotionalität bei einem Thema wie Mobilfunk oft weniger mit sachlichen Unklarheiten als mit politischer Bewertung zu tun: «Die Geister scheiden sich etwa an der Frage, wie stark in Abwesenheit eines wissenschaftlichen Schädlichkeitsbeweises die wirtschaftlichen Belange gegenüber den gesundheitlichen gewichtet werden sollen. Diese Frage kann nicht wissenschaftlich beantwortet, sondern muss demokratisch ausgehandelt werden.» //

Bettina Büsser

☞ www.serec.ethz.ch

Science City wird zur Sustainable City

Die ETH Zürich will ihren CO₂-Ausstoss in Science City innerhalb von zehn Jahren um 50 Prozent reduzieren. Dafür beginnt sie im Jahr 2008 mit dem Aufbau eines dynamischen Erdspeichersystems. Zusammen mit anderen Hochschulen erarbeitet die ETH zudem internationale Standards für nachhaltige Hochschulgebiete.

Science City ist ein Energieverbraucher, vergleichbar mit einer Kleinstadt. Sie benötigt für eine 265 000 Quadratmeter grosse Bruttogeschossfläche pro Jahr 30 Gigawattstunden (Gwh) Wärme, 13,5 GWh an Kälteenergie und 38 GWh Elektrizität. Der Wasserverbrauch beläuft sich auf jährlich 100 000 Kubikmeter. Die geplanten Bauten für Science City generieren einen Flächenzuwachs von 154 000 Quadratmetern, was zu einem Zuwachs von 58 Prozent an Energiebezugsfläche führt.

Vor diesem Hintergrund des neu anfallenden Energiebedarfs und dem Umstand, dass die Heizkessel des heutigen Wärmesystems ersetzt werden müssen, erarbeitete die ETH ein umfassendes Energiekonzept. Gerhard Schmitt, Vizepräsident für Planung und Logistik, hielt an einer Informationsveranstaltung für Medien und ETH-Angehörige Mitte April fest, dass es nicht genüge, wenn das HIT-Gebäude dem Minergie- und das geplante Sportgebäude dem Minergie-Eco-Standard entsprechen. Man brauche ein beispielhaftes Energiekonzept für den gesamten Campus.

Eine Analyse des heutigen Energiesystems ergab, dass für alle heute bereits bestehenden Gebäude bis zum Jahr 2020 eine Einsparquote bei der Wärme von 55 Prozent, also 13,9 GWh besteht. Im gleichen Zeitraum sollen der Kälteenergiebedarf um 6,9 GWh und der Strombedarf um 4,0 GWh gesenkt werden können.

Erdwärme als beste Lösung

Diese Einsparungen sollen durch verschiedene Massnahmen wie beispielsweise mit entsprechenden neuen Verglasungen bei Gebäudesanierungen erreicht werden. Ein zentrales Sparelement, um auch das Ziel einer Reduktion der CO₂-Emissionen um 50 Prozent zu erreichen, ist aber der Bau einer neuen Energie-

versorgung. In einer Bewertung verschiedener Varianten schnitt ein Erdspeicher mit Öl- oder Gasheizkessel besser ab als solche, die einfach einen Ersatz, Fernwärmeanschluss mit verschiedenen Kombinationen, Holzschnitzelheizung oder Geothermie vorsahen.

Das neue System funktioniert so, dass das in einem bestimmten Gebäude anfallende warme Wasser an anderen Orten zu Heizzwecken gebraucht wird. Umgekehrt wird kaltes Wasser anderswo zum Kühlen genutzt. Die Anlage verfügt dazu über drei getrennte unterirdische Leitungssysteme. Realisiert und abgerechnet werden die einzelnen Speicher zusammen mit den jeweiligen Bauprojekten. Als Initialinvestition ist ein Hauptspeicher zur Einbindung bestehender Gebäude wie des HCI sowie das Netz zur Speicherbewirtschaftung notwendig. Die Versorgung bestehender Gebäude mit Hochtemperaturwärme erfolgt über das bestehende Fernwärmenetz ab Heizzentrale.

Der Bau des Erdspeichersystems kostet rund 11,5 Mio. Franken. Das Einsparungspotenzial gegenüber den heutigen Energiekosten schätzen die Verantwortlichen auf 1,5 Mio. Franken pro Jahr.

Umfassender Begriff von Nachhaltigkeit

Gemeinsam mit rund 500 Personen aus den Quartieren, der Politik, der Verwaltung, von Natur- und Umweltschutzorganisationen sowie von Verkehrs- und Energiefachstellen entwickelte die Projektleitung das Grundkonzept für eine umfassende nachhaltige Entwicklung von Science City. Diese Arbeit bildete zusammen mit dem Energiekonzept und dem Masterplan Science City die Grundlage eines Wettbewerbs, den die ETH Zürich im Oktober 2006 international ausschrieb. Die Teilnehmenden waren

eingeladen, aus den vorliegenden Elementen ein umfassendes Konzept für die nachhaltige Gestaltung von Science City zu entwerfen. Dieses sollte alle drei Dimensionen der integrierten Nachhaltigkeit (Ökologie, Gesellschaft, Wirtschaft) berücksichtigen.

Von den 16 eingereichten Wettbewerbsbeiträgen empfahl die Jury drei zur Weiterbearbeitung und prämierte sie mit je 10 000 Franken. Dabei handelt es sich um die Arbeiten von Studierenden der Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau, eines Teams des Instituts für Nachhaltige Entwicklung der Zürcher Fachhochschule Winterthur sowie eines Teams der drei Planungsunternehmen Feld4, sa_partner und Thomas Bürki GmbH.

Der Berner Beitrag «Sciencealizer» enthielt drei Projektideen: Themenhäuser, ein Bonus-/Malussystem und Science-Satelliten. Themenhäuser – konkret könnte das ein Schwedenhaus sein – zusammen mit den Satelliten erachtet die Jury für die Umsetzung der Nachhaltigkeit im Kontext mit verschiedenen Kulturen als interessant.

Für die sa_partner und Thomas Bürki GmbH enthält Science City in ihrem Projekt «science city is a provocation» fünf Identitäten: the forbidden city, the related city, the destination city, the networked city und the expressive city. Eine nachhaltige Ausprägung könnte beispielsweise die Identität «forbidden city» erfahren, indem ein Campus-Kodex erstellt würde. The related city sieht eine Seilbahn vor, die ins Industriequartier führt. Das Projekt verfügt für die Jury im Hinblick auf die Sichtbarmachung von Science City als Stadtquartier über grosses Potenzial.

Aus Winterthur stammte die Idee, die Nachhaltigkeit von Science City virtuell auszuloten, sozusagen ein Second Life für den Campus.



Das Projekt «Nezumi» vom Generalplanerteam Burckhardt+Partner AG, Basel und Zürich, Sieger des Architekturwettbewerbs für die Life Science Platform.

«syntETHic Science City» sieht aber auch ein Indikatorensystem sowohl für die virtuelle wie auch für die reale Science City vor. Gefallen fanden die Juroren an der Nutzung des Mediums Internet. Damit sei es auch möglich, eine möglichst grosse Zahl an Stakeholdern breit in den Nachhaltigkeitsprozess einzubeziehen.

Internationale Suche nach Standards

Die Erkenntnisse aus dem Nachhaltigkeitswettbewerb und dem Energiekonzept will die ETH auch nutzen, um internationale Standards zur Definition nachhaltiger Hochschulgebiete zu erarbeiten. Dies geschieht in Kooperation mit der Yale University in den USA, der University of Cambridge in England und der Australian National University in Canberra. In einem fallstudienbasierten Erfahrungsaustausch diskutieren dabei die Experten Konzeption, Umsetzung und Unterhalt nachhaltiger Campi und leiten auf der Grundlage der Best-Practice-Fallbeispiele Prinzipien und Handlungsempfehlungen ab. Die Kick-off-Konferenz zur Etablierung des Netzwerks fand vom 25. bis 27. April 2007 in Zürich statt. //

Christoph Meier

Life Science Platform

Weitere zukunftsweisende Baupläne in Science City: Die ETH Zürich beabsichtigt den Ausbau der Life Science Forschung. In Science City soll dafür bis im Jahr 2011 ein neues Labor- und Forschungsgebäude mit integrierter Labortierhaltung erstellt werden. Hier können bis zu 40 000 Tiere gehalten werden. Diese Life Science Platform mit ihrer transdisziplinären Forschung soll der ETH Zürich einen Standortvorteil im internationalen Wettbewerb der Hochschulen verschaffen. Für das neue Gebäude mit den speziellen Ansprüchen an Funktionalität, Gebäudetechnik, Wirtschaftlichkeit, Innenraumklima und Energieeffizienz schrieb die ETH Zürich 2006

einen Wettbewerb aus. Aus 23 Bewerbern wählte das Preisgericht in einer Präqualifikation sieben Teams aus und lud sie zum Wettbewerb ein. Aufgrund seiner überzeugenden inneren Organisationsstruktur wurde das Projekt «Nezumi» vom Generalplanerteam Burckhardt+Partner AG, Basel und Zürich, als Siegerprojekt ausgewählt. Dem Siegerteam ist es gemäss der Jury gelungen, ein Laborgebäude ohne langen Mittelkorridor, dafür mit direktem Bezug der Arbeitsbereiche zu einem zentralen Aufenthaltsbereich zu entwickeln. Diese räumliche Konstellation unterstütze den kommunikativen Aspekt der Life Science Platform.

Das Konzept beginnt zu greifen

Die ETH Zürich Foundation blickt auf ein erfreuliches Jahr zurück. Dank neuer Partner konnte die Stiftung ihr Kapital weiter vergrössern und neue Projekte an der ETH Zürich finanzieren. Die Anlageerträge überstiegen dabei erstmals die Kosten: die Stiftung finanziert sich damit selbst.

Die ETH Zürich ist als führende Schweizer Hochschule heute im internationalen Wettbewerb hervorragend positioniert. Dank ihrer ausgezeichneten Forscherinnen und Forscher ist sie in der Lage, Antworten und Lösungen für die grossen Probleme dieses Jahrhunderts zu finden und Perspektiven zu vermitteln. Durch ihre Studienabgänger verhilft die ETH Zürich Unternehmen immer wieder zu guten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Die starke Position der ETH ist auch für internationale Unternehmen ein Argument, nach Zürich und in die Schweiz zu ziehen. Der Nutzen der Hochschule zeigt sich auch daran, dass die Professorinnen und Professoren der ETH Forschung im Umfang von jährlich über 50 Millionen Franken im Auftrag der Industrie betreiben. Daraus resultierten letztes Jahr je über 50 Patente und Lizenzen.

Die Grundfinanzierung der ETH Zürich wird mit Bundesmitteln sichergestellt. In den letzten fünf Jahren musste sich die ETH Zürich allerdings mit einem stagnierenden Budget begnügen, dies obwohl die Studierendenzahlen steigen und die Kosten für die Forschung zunehmen. Diese finanzielle Situation stellt eine grosse Herausforderung dar. Die Grundfinanzierung ist zwar gesichert, aber es fehlt zunehmend an der nötigen finanziellen Flexibilität, um an der ETH Zürich Neues zu schaffen, Forschungsschwerpunkte zu begründen und fähige Nachwuchskräfte zu gewinnen. Das Parlament hat dieses Defizit erkannt und will deshalb die Grundfinanzierung

signifikant stärken. Die Möglichkeiten der ETH, Forschungsbereiche gezielt zu fördern, Entwicklungsprojekte zu forcieren und neue Schwerpunkte zu bilden, bleiben aber limitiert. Genau diese Möglichkeiten sind jedoch wichtig, wenn die ETH im internationalen Wettbewerb mithalten will.

Vier Möglichkeiten der Förderung

Der ETH Zürich Foundation und ihren Partnern, den Gönnerinnen und Gönnern der ETH Zürich, kommt hier eine zentrale Rolle zu. Die Stiftung wirkt als beschleunigende Organisation, mit deren Hilfe die ETH Zürich Investitionen flexibel tätigen kann. Zweck der ETH Zürich Foundation ist es, Lehre und Forschung an der ETH zu fördern. Sie strebt dazu Partnerschaften mit Privatpersonen, Unternehmen und anderen Vergabestiftungen als Förderer an.

Grundsätzlich bestehen vier Möglichkeiten der Förderung:

1. Beitrag für strategische ETH-Projekte: Die Beiträge fliessen in den sogenannten strategischen Fonds. Aus diesem werden Projekte finanziert, welche von der ETH-Schulleitung beantragt wurden, um neue Schwerpunkte zu setzen.
2. Beitrag für einen vom Donator bestimmten Zweck: Damit wird ein sogenannter personalisierter Fonds geschaffen. Wenn möglich sollen nur die Kapitalerträge vergeben werden, um die langfristige Wirkung der Förderung zu gewährleisten.
3. Beitrag für ein vorbestimmtes Thema: Die

Beiträge fliessen in sogenannte Themenfonds (beispielsweise Studierendenförderung).

4. Beitrag an ein bestimmtes ETH-Projekt: Bei solchen Förderungen wird das Kapital direkt verwendet. Mit einer Projektfinanzierung werden beispielsweise Forschungsapparate gekauft und Infrastrukturvorhaben realisiert.

Alle Fördergelder werden gemeinsam und optimiert in einem Verwaltungspool angelegt und von einem professionellen Vermögensverwalter betreut. Mit dem Kapitalertrag wird auch der Betrieb der Stiftung finanziert. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, dass im Jahr 2006 die Anlageerträge erstmals die Kosten der Stiftung überstiegen. Das Konzept, Vergabungen aus den Anlageerträgen zu tätigen, beginnt also bereits nach wenigen Jahren zu greifen.

Die Stiftung ist gemeinnützig; Fördergelder sind daher steuerlich abzugsberechtigt. Obwohl die ETH Zürich Foundation eine unabhängige privatrechtliche Stiftung ist, hat sie naturgemäss eine enge Bindung zur ETH Zürich als geförderter Institution. Mit der ETH Zürich sowie der ETH Alumni Vereinigung wurde deshalb eine Zusammenarbeitsvereinbarung unterzeichnet, welche die Grundsätze der Zusammenarbeit regelt.

Erfreuliche Entwicklung

Der nun vorliegende Geschäftsbericht 2006 zeigt, dass sich die ETH Zürich Foundation seit ihrer Gründung im Jahre 2003 erfreulich entwickelt hat. Im letzten Jahr gelang es der Stif-

Ihr Beitrag bewegt und beschleunigt!

Die ETH Zürich hat ein klares Ziel: Sie ist attraktiv für Spitzenforscher aus aller Welt; sie bietet eine hervorragende Ausbildung für junge Talente; und sie arbeitet eng mit der Wirtschaft zusammen und fördert so den Fortschritt. Damit diese Vision Realität wird, braucht die ETH Ihre Unterstützung! Engagieren Sie sich als Partner der ETH Zürich Foundation für die Hochschule. Investieren Sie in Spitzenforschung und helfen Sie mit, kreative Lösungen für die globalen Probleme zu finden. Bieten Sie den besten Studierenden eine hochkarätige Ausbildung, damit diese für die Fragen der

Zukunft gerüstet sind. Fördern Sie die Zusammenarbeit mit der Wirtschaft und ermöglichen Sie so Fortschritt zum Wohle der Gesellschaft. Ihr Beitrag bewegt und beschleunigt!

Kontakt:

Dr. Donald Tillman, Geschäftsführer

Tel. +41 (0)44 633 69 66

donald.tillman@eth-foundation.ch

Weiterführende Informationen:

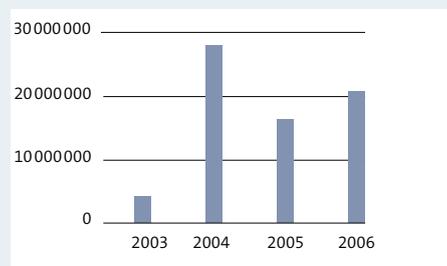
www.eth-foundation.ch

tung, insgesamt über 20 Millionen Franken an Spenden für die ETH Zürich zu akquirieren. Der grösste Teil davon stammt von Unternehmen und Stiftungen. Aus zweckbestimmten Donationen früherer Jahre konnte die ETH Zürich Foundation im letzten Jahr auch Vergabungen an die Hochschule von über 2 Millionen Franken leisten. Mit diesen Geldern wurde unter anderem ein MRI-Gerät für die biomedizinische Forschung am Institut für Biomedizinische Technik mitfinanziert. Dabei handelt es sich um eine zweckbestimmte Förderung durch die Velux-Stiftung, welche der Einfachheit halber über die ETH Zürich Foundation abgewickelt wurde. Zusätzlich erhielt eine junge Forscherin, welche am Institut für Systemphysiologie ihre Doktorarbeit schreibt, ein Stipendium zugesprochen. Das Geld stammt aus einem zweckgebundenen Fonds in der Foundation, mit dem die Gesundheitsforschung unterstützt wird. Für Stiftungen, Unternehmen und Privatpersonen, welche die ETH Zürich unterstützen, stellt die ETH Zürich Foundation auch eine professionelle und transparente Abwicklungsorganisation dar. Die Partner sind eingebunden in ein Netzwerk von Aktivitäten, werden mit den neusten Informationen versorgt und können so miterleben, wie ihre Förderung einen entscheidenden Impuls für die Forschung an der ETH Zürich auslöst. //

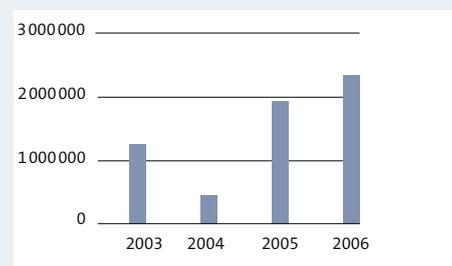
Felix Würsten

Der vollständige Geschäftsbericht kann bei der Geschäftsstelle der ETH Zürich Foundation bezogen werden.

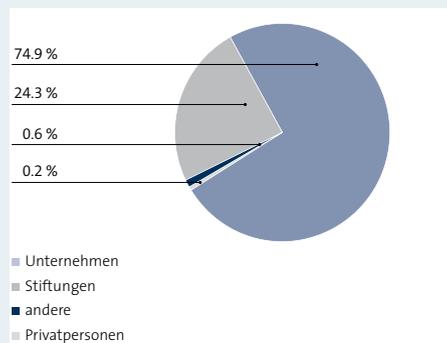
Förderbeiträge, inklusive zinslose Darlehen (in CHF), welche die ETH Zürich Foundation seit ihrer Gründung entgegennehmen durfte.



Getätigte Vergabungen (in CHF) an die ETH Zürich in den vergangenen Jahren seit dem Bestehen der ETH Zürich Foundation.

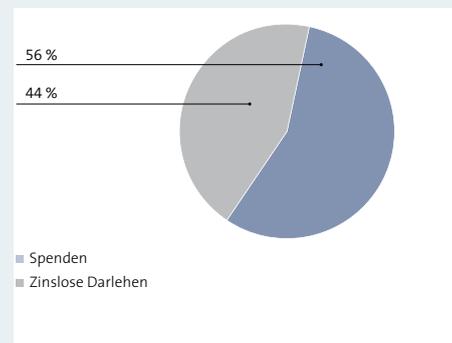


Herkunft der Fördermittel



Unternehmen sind im Moment die grosse Stütze der ETH Zürich Foundation. Privatpersonen, insbesondere H-Abgängerinnen und -Abgänger (Alumni), werden zunehmend wichtiger.

Art der Förderungen



Zinslose Darlehen mit einer langfristigen Fälligkeitsfrist machen einen grossen Teil der Förderbeiträge aus. Spenden stehen aber zunehmend im Vordergrund und geben der Foundation mehr Flexibilität und Stabilität.

Wiedersehen an der ETH

Vom 22. bis zum 24. Juni 2007 ist es so weit: Die ETH Zürich heisst ihre Absolventinnen und Absolventen herzlich willkommen zurück an der Alma Mater.

Seit Monaten arbeitet das Team auf der Alumni-Geschäftsstelle auf Hochtouren an der Vorbereitung des ersten Homecoming Days der ETH Zürich. Fest steht: Wer vom 22. bis 24. Juni 2007 an die ETH zurückkommt, dem wird ein attraktives und vielseitiges Programm geboten.

ETH-Alumni-Forum 2007

In drei Workshops werden Themen zur Zukunftsgestaltung der ETH diskutiert:

- ‡ Lehre: Fachhochschulen als künftige Herausforderung der ETH? Leitung: Philip Mosimann, CEO Bucher Industries
- ‡ Forschung: Die Rolle der ETH Zürich bei den Ingenieurwissenschaften. Leitung: Walter Gränicher, Alstom Schweiz AG
- ‡ Transfer: Zusammenarbeit Forschung und Wirtschaft am Beispiel von Inspire. Leitung: Dr. Thomas von Waldkirch, Technopark Zürich

Freitag, 22. Juni 2007, 15–18 Uhr
Scherrer-Hörsaal (ETA, F5), Gloriastr. 35

Besuch an der ETH

Entdecken Sie, womit man sich an unserer Alma mater momentan befasst, und besuchen Sie Ihr Departement:

ETH-Zentrum

- D-AGRL: Führungen durch die Gebäude LFW, LFO und LFV
- D-INFK: Vorlesungen Prof. Ivo Sbalzarini und Prof. em. Carl August Zehnder
- D-ITET: Vorstellung der Studiengänge und der Forschungsschwerpunkte
- D-MTEC: Vorträge, Networking-Anlass «A new view on Zurich»
- D-MAVT: Vorstellung einzelner Institute

ETH Hönggerberg

D-ARCH: Präsentation der einzelnen Institute; Rundgang durch die Digitalwerkstatt

D-BAUG: Präsentationen, Aktionen und Vorführungen in den Gebäuden HIL und HIF
D-BIOL: Geführte Touren durch zwei Institute
D-CHAB: Geführte Touren durch die Institute
D-PHYS: Neue Aspekte des Unterrichts; neue Richtungen der Forschung im D-PHYS inkl. Besichtigung

Samstag, 23. Juni 2007, 13–16 Uhr
ETH-Zentrum und ETH Hönggerberg

Mentoring Workshop

Der Mentoring Workshop zeigt auf, wie bereichernd Beziehungen zwischen Studierenden und Alumni sein können.

Samstag, 23. Juni 2007, 14.30–16.30 Uhr
HCI-Gebäude, ETH Hönggerberg

Science City

Lernen Sie Science City aus erster Hand kennen: Prof. Gerhard Schmitt, Vizepräsident Planung und Logistik der ETH Zürich, erklärt, wie der neue Campus aussehen wird.

Samstag, 23. Juni 2007, 16.30–17.45 Uhr
Science City Infospot, ETH Hönggerberg

ETH Update

Begrüssung der Gäste durch Prof. Konrad Osterwalder, Rektor und Präsident a.i. ETH Zürich. Anschliessend Grussbotschaften von Regierungsrätin Regine Aeppli und Stadträtin Kathrin Martelli.

Samstag, 23. Juni 2007, 18 Uhr
HPH-Gebäude, ETH Hönggerberg

Alumnifest

Mit Unterstützung der Studierenden sorgen wir für Ihr leibliches Wohl – für jeden Geschmack wird etwas auf dem Marktplatz dabei



Big Band – Musik vom Feinsten. (Foto: ZVG)

sein. Dazu bieten wir Ihnen ein abwechslungsreiches Unterhaltungsprogramm, u. a. mit der legendären Chemieshow, der ETH Big Band, einer Jazz-Lounge und einem Infomarkt.

Samstag, 23. Juni 2007, ab 18 Uhr
ETH Hönggerberg

Kulturbrunch

Der bekannte Schriftsteller Hugo Loetscher liest aus seinem Werk. Anmeldung erforderlich.

Sonntag, 24. Juni 2007, 10–13 Uhr
Dozentenfoyer, ETH-Hauptgebäude

Infos und Anmeldung

Detaillierte Informationen zum Programm sowie ein elektronisches Anmeldeformular (auch für Nicht-Mitglieder der Alumni-Vereinigung) finden sich unter:

- ‡ www.alumni.ethz.ch/homecomingday

Weitere Auskünfte:

Sara Papapietro, Head Alumni Relations,
ETH Alumni Vereinigung, 8092 Zürich

- ‡ homecomingday@ethz.ch

- ‡ Infoline: 044 632 02 57

Felix Würsten

Mit freundlicher Unterstützung von:



Master

Excel in an international and personalised learning environment

Communication

Media Management
Communication Technologies
Communication for Cultural Heritage*
Education and Training
Institutional Communication

Economics

Finance*
Banking and Finance*
Management*
Economics, Institutions, Public Policies

Architecture

Architecture

Communication and Economics

Marketing*
Corporate Communication*
International Tourism*
Financial Communication*

Informatics

Software Design*
Dependable Distributed Systems*
Embedded Systems Design*
Intelligent Systems*
Applied Informatics*

Institute of Italian Studies

Italian Literature and Civilisation

* in English

Information: Università della Svizzera italiana, Advisory Service, 6900 Lugano
+41 58 666 47 95, orientamento@lu.unisi.ch

USI
m

www.master.unisi.ch

swissuniversity.ch

www.altran.com

Where People meet Innovation...

- ▶ Technology and R&D Consulting
- ▶ Information Systems Consulting
- ▶ Strategy and Management Consulting
- ▶ Corporate Learning Solutions

...and Innovation meets Business.

▶ Zukunft gestalten

Technologische Innovation ist heute keine Frage des Zufalls, sondern der laufende Prozess, Dinge zu hinterfragen und nach neuen Antworten suchen.

Mit über 100 im Netzwerk organisierten Unternehmen und 17.000 Mitarbeitern ist ALTRAN europaweiter Marktführer im Bereich des innovativen Technologie Consulting. Zu unseren Kunden zählen führende Unternehmen aus den Bereichen der Automobilindustrie, Luft- und Raumfahrt, Telekommunikation, Finanzdienstleis-

tung, Elektronik, Energiewirtschaft, Transport/Logistik und Medizintechnik.

▶ Wir suchen

Informatiker (m/w) und Ingenieure (m/w) aus allen IT- und Technologiebereichen.

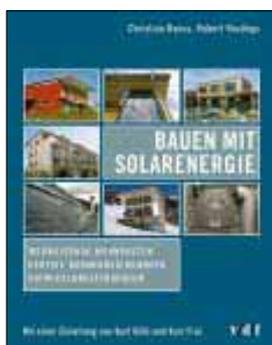
Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung!

Mit Ref. Nr.: CH-AGLO bitte ausschließlich an:

switzerland@altran.ch

oder online über www.altran.com

Bücher



Christian Hanus, Robert Hastings
Bauen mit Solarenergie

→ Wegweisende Wohnbauten –
Heutige Rahmenbedingungen –
Entwicklungstendenzen
2007, 128 Seiten, zahlr. Abb., durchgehend
farbig, Format 21 x 26,5 cm, broschiert
CHF 58.–, ISBN 978 3 7281 3085 3
vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

Nicht nur unter ökologischen, auch unter ökonomischen Gesichtspunkten wird die Niedrigenergiebauweise zunehmend selbstverständlich.

Die Publikation stellt 40 wegweisende Wohnbauten vor und beschreibt die Vielfalt der Lösungen bei der Realisierung sowie die Tendenzen für die Zukunft. Sämtliche Beispiele zeichnen sich dadurch aus, dass sie die Sonnenenergie als wichtigsten Energieträger in den Mittelpunkt stellen. Doch nicht nur die technische Umsetzung interessiert: Erfahrungen der Bewohner und Architekten kommen ebenso zur Sprache.

Das Buch richtet sich an Bauherrschaften, die ein Niedrigenergiehaus bauen wollen, wie auch an Bauunternehmen, die sich über das aktuelle Baugeschehen informieren möchten. Architekten, Ingenieuren, Haustechnikern und anderen Planern ermöglicht es eine Übersicht über die praktischen Erfahrungen und die verschiedenen Ausgangslagen, die zu den jeweiligen Lösungen führten. //



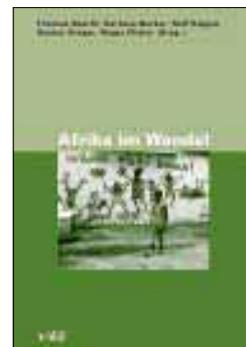
Harry Nussbaumer
Das Weltbild der Astronomie

→ 2., erw. u. akt. Auflage 2007,
zahlreiche farbige Abbildungen,
Format 17 x 24 cm, gebunden
CHF 59.–, ISBN 978 3 7281 3106 5
vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

Die wissenschaftliche Entdeckung des Universums und das Geheimnisvolle des nächtlichen Himmels verbinden sich zur Faszination der Astronomie. Wir haben Planetensysteme um fremde Sterne entdeckt, und die Kosmologie spricht von der allgegenwärtigen unsichtbaren Dunklen Materie und einer neuen Form von Energie, die das Universum bewegt.

Die Astronomie hat in den letzten hundert Jahren tiefe Einsichten gewonnen. Sie werden in diesem Buch vorgestellt. Es geht also nicht um das Beschreiben der Sternbilder, sondern um das Erklären und Verstehen dessen, was im Universum geschieht, geschah und geschehen wird.

Das Buch wendet sich an alle, die eine engere Bekanntschaft mit der modernen Astronomie suchen und gleichzeitig erfahren möchten, wie dieses Wissen im Verlauf der Geschichte entstand. Astronomie war schon immer und ist auch heute noch Teil der menschlichen Kultur. //



Thomas Bearth et al. (Hrsg.)
Afrika im Wandel

→ 2007, 296 Seiten, Format 17 x 24 cm,
brochiert
CHF 48.–, ISBN 978 3 7281 3032 7
vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

Die in der Öffentlichkeit vorherrschende Wahrnehmung Afrikas als Krisenregion wirft Fragen auf, die sich nicht nur an Afrika, sondern auch an uns richten: Ist die Wahrnehmung Afrikas als defizitärer Kontinent nicht auch das Produkt einer defizitären Wahrnehmung? Können wir uns die mentale und wirtschaftlich-politische Abkoppelung Afrikas in einer globalisierten Welt überhaupt leisten? Und wie verträgt sich die Unwissenheit über Afrika mit dem Anspruch einer sich vom Eurozentrismus emanzipiert glaubenden Wissenschaft?

In diesem Sammelband kommen Fachleute verschiedener Disziplinen zu Wort, die sich die Auseinandersetzung mit der vielschichtigen Realität und den Veränderungen Afrikas zu ihrer Aufgabe gemacht haben, sowie namhafte Exponenten der öffentlichen Meinungsbildung. Das Themenspektrum reicht von Kunst und Literatur über Konflikt- und Wirtschaftsforschung bis hin zu Fragen des Gesundheitswesens. Ziel ist nicht die restlose Deutung aller «Rätsel», wohl aber die Erschliessung neuer Wege des Verstehens. //

Agenda

→ 5. Juni 2007

Claude Nicollier über die Raumfahrt

Seit mehr als 45 Jahren bauen Menschen Raketen, fliegen ins All und erkunden ferne Gestirne. Doch welches sind die konkreten Erregenschaften der bemannten Raumfahrt, ihre Gewinne und Lehren? Welches sind die Projekte und grössten Herausforderungen in der Zukunft? Der ehemalige Schweizer ESA-Astronaut **Prof. Claude Nicollier**, der selber viermal im All war, spricht am **Dienstag, 5. Juni**, in der **Empa-Akademie in Dübendorf** über seine Erfahrungen. Sein einstündiger Vortrag zum Thema «Schritte im Weltraum» beginnt um **12 Uhr**.

→ 18. Juni 2007

Spielerische Mathematik

Mathematik muss nicht trocken und langweilig, sondern kann durchaus unterhaltsam sein. Dies beweist noch bis 27. Oktober die Jahresausstellung der ETH-Bibliothek mit dem Titel «Alles ist Spiel! Unterhaltungsmathematik in historischer Perspektive». Von Tangram bis Lotto, von Schach bis zum Rubikwürfel: überall steckt Mathematik drin. Im Foyer der Bibliothek wird sie erlebbar. An kombinatorisch-geometrischen Spielen darf der Besucher oder die Besucherin auch selber Hand anlegen. Verschiedene Objekte können zusammengestellt, verschoben und zu neuen Objekten kombiniert werden. Ausser-

dem sind historische Rechenbücher oder alte Mathematiktraktate aus der Sammlung Alte Drucke zu sehen. So zeichnet die Ausstellung auch die Entwicklungen auf, die zu wichtigen



Theorien in den mathematischen Wissenschaften geführt haben. Dazu werden eine ganze Reihe von Rahmenveranstaltungen geboten. Wer beispielsweise beim Sudoku nicht mehr weiterkommt, sollte am **Montag, 18. Juni**, den **Hörsaal 3 im Stock F des ETH-Hauptgebäudes** aufsuchen. Dort verrät der Rätsel- und Spieleautor **Bernhard Seckinger** während einer Stunde Tipps und Tricks aus erster Hand. Beginn: **18.15 Uhr**.

→ 27. Juni 2007

Architektur im Museum

Das Museum für Gestaltung und das Institut gta der ETH würdigen drei grosse Schweizer Architekten: In einer Ausstellung werden die Arbeiten von **Max Ernst Haefeli**, **Werner M. Moser** und **Rudolf Steiger** gezeigt. Sie haben mit ihren Bauten und theoretischen Beiträgen wesentlichen Anteil am Durchbruch des Neuen Bauens. Führungen werden jeweils mittwochs 18.30 Uhr angeboten. Am **Mittwoch, 27. Juni**, steht ausserdem in der **Halle des Museums für Gestaltung** eine viel-

versprechende Diskussionsrunde auf dem Programm: **Uta Hassler**, Vorsteherin des ETH-Instituts für Denkmalpflege und Bau-forschung, die Zürcher Hochbauvorsteherin **Kathrin Martelli**, der ETH-Architekt **Arthur Rüegg** und sein Aarauer Berufskollege **Martin Steinmann** sprechen unter der Leitung von Radio-Kulturredaktorin **Karin Salm** über «Häuser der Moderne heute». Beginn: **20 Uhr**. Mehr Infos unter:

☛ www.museum-gestaltung.ch

→ 11./13. Juli 2007

Digitale Kunst

Wenn Computerwissenschaftler und Künstler sich näherkommen, entsteht dabei digitale Kunst. Zu sehen ist sie während der «Digital Art Weeks 2007» der ETH unter anderem im Cabaret Voltaire. Am **Mittwoch, 11. Juli**, stehen dort von **20 bis 21.30 Uhr** Performances mit **Daniel Wilcox**, **Art Clay**, **Corebounce**, **To be Announced**, **Valerie Bugmann**, **Joshua Rosenstock** und **Andrius Rugecius** auf dem Programm. Ausserdem wird ab **21.45 Uhr** der Film «8 Bit» von **Marcin Ramocki** gezeigt. Am **Freitag, 13. Juli**, geht es im Cabaret Voltaire lautstark weiter mit **Lucas Gross**, **Walter Siegfried**, **Benoit Maubry** und der Punkband **Agitpop**. Die Digital Art Weeks vom 9. bis 14. Juli beinhalten auch wissenschaftliche Vorträge, Filmvorführungen sowie weitere Veranstaltungen. Mehr Infos unter

☛ www.digitalartweeks.ethz.ch

accuRESTORE Schweiz AG
a Resource Care Company

Wir verlängern die Lebensdauer Ihres Accus

Für alle Accu Typen

- erhöhte Lebensdauer
- grössere Kapazität
- oft bessere Leistung als bei einem Neu-Accu
- das Verfahren kann mehrmals angewendet werden

Tel. 032 343 33 00
<http://www.accurestore.ch/>

«Auch in Zürich gibt es Erdbeben»

Drohen in Zürich schwere Erdbeben, die im See meterhohe Tsunami-Wellen auslösen und zur Katastrophe führen? Wohl kaum, sagt ETH-Geologe Michael Strasser. Aber seine Berechnungen zeigen erstmals, dass ein quantifizierbares Restrisiko besteht.



Michael Strasser, Doktorand am Geologischen Institut

Herr Strasser, Sie haben herausgefunden, dass es vor mehreren tausend Jahren in der Region Zürich zu drei grossen Erdbeben kam, was im Seebecken um Zürich vermutlich eine grosse Flutwelle auslöste. Sie sagen, dass dies jederzeit wieder geschehen könne. Wie wahrscheinlich ist dies?

Michael Strasser: Diese Wahrscheinlichkeit ist sehr gering. Unsere Studien zeigen, dass es innerhalb von 15 000 Jahren drei schwere Erdbeben gab, und zwar vor 13 800 Jahren, vor 11 500 Jahren und vor 2200 Jahren. Nun lässt sich aus drei Datenpunkten keine zuverlässige Wiederkehrdauer berechnen. Wenn man das dennoch theoretisch durchspielt, so kämen wir auf eine Wiederkehrdauer von etwa 5000 Jahren.

In der Presse war von einem Tsunami die Rede, der Zürich jederzeit überrollen könnte. Man könnte Ihnen Angstmacherei vorwerfen.

Strasser: In unseren Untersuchungen geht es in erster Linie um prähistorische Erdbeben, die wir aufgrund von Rutschungen in den Sedimenten von Seen rekonstruieren. Die Erdbeben lösen Rutschungen aus, was wiederum zu grossen Flutwellen führen kann. Diese werden aufgrund ihrer Entstehung und Eigenschaften als Tsunamis bezeichnet. Es handelt sich um den wissenschaftlichen Begriff für eine bestimmte Art von Wellen. Es stimmt zwar, dass es tatsächlich jederzeit zu einem starken Erdbeben und einer anschliessenden Flutwelle in Zürich kommen könnte. Diese wäre allerdings wohl höchstens ein bis zwei Meter hoch. Das würde zwar zu Wasserschäden im Bereich um das Seebecken führen, jedoch nicht zu einer Katastrophe indonesischen Ausmasses.

Welchen konkreten Nutzen bringt denn heute die Erkenntnis über Ereignisse, die sich vor tausenden von Jahren hier abgespielt haben?

Strasser: Es gab bisher kein Bewusstsein dafür, dass solche Naturphänomene auch in der

Region Zürich vorkommen können. Wir kennen dies bestens aus den Regionen Basel, Luzern oder Wallis, jedoch nicht aus Zürich. Das ist besonders für Versicherungsgesellschaften wichtig. Diese schätzen Risiken in der Regel für Ereignisse mit einer Wiederkehrdauer von maximal 500 Jahren ab. Alle selteneren Ereignisse gelten als Restrisiko. Indem wir auch die Intensität der Erdbeben rekonstruieren, konnten wir nun dieses Restrisiko beziffern. Von einem theoretischen sind wir zu einem realen Restrisiko gekommen. Nun kann man darüber diskutieren, ob ein solches reales Restrisiko zum Beispiel versichert werden sollte oder ob neue Baunormen erhoben werden müssten.

Wie gross ist die Irrtumswahrscheinlichkeit Ihrer Berechnungen?

Strasser: Die Grundmethode der Rekonstruktion von Erdbeben durch Sedimentrutschungen in Seen ist gesichert und anerkannt. Schwierig ist die Quantifizierung der Intensität der Beben. Wir hatten aber das Glück, dass uns mehrere Seen als Archive zur Verfügung standen. So fanden wir auch im Vierwaldstättersee Spuren von Erdbeben, die zur gleichen

Zeit stattgefunden haben müssen. Zudem kam es damals auch zu Bergstürzen. All diese Evidenzen lassen am Ende eine relativ zuverlässige Schätzung der Erdbebenintensität zu.

Die Erdbeben kommen vermutlich durch Verschiebungen der kontinentalen Platten zustande. Welche Rolle spielt der Rückgang der Gletscher durch die Klimaerwärmung dabei? Steigt dadurch die Wahrscheinlichkeit für schwere Erdbeben?

Strasser: Das Schmelzen der Gletscher hat insofern einen Einfluss, als dass das plötzliche Fehlen ihres Gewichts Spannungen erzeugt und somit kleinere Erdbeben auslösen kann. Das Schmelzen der Gletscher kann den Moränenwall destabilisieren und zum Auslaufen von Gletscherseen führen. Kleinere Erdbeben sind dabei ein möglicher zusätzlicher Auslöser. Für den Zürichsee spielt dieses Phänomen jedoch keine Rolle, dafür sind die Gletscher zu weit entfernt. //

Interview: Conny Schmid

✉ www.erdw.ethz.ch

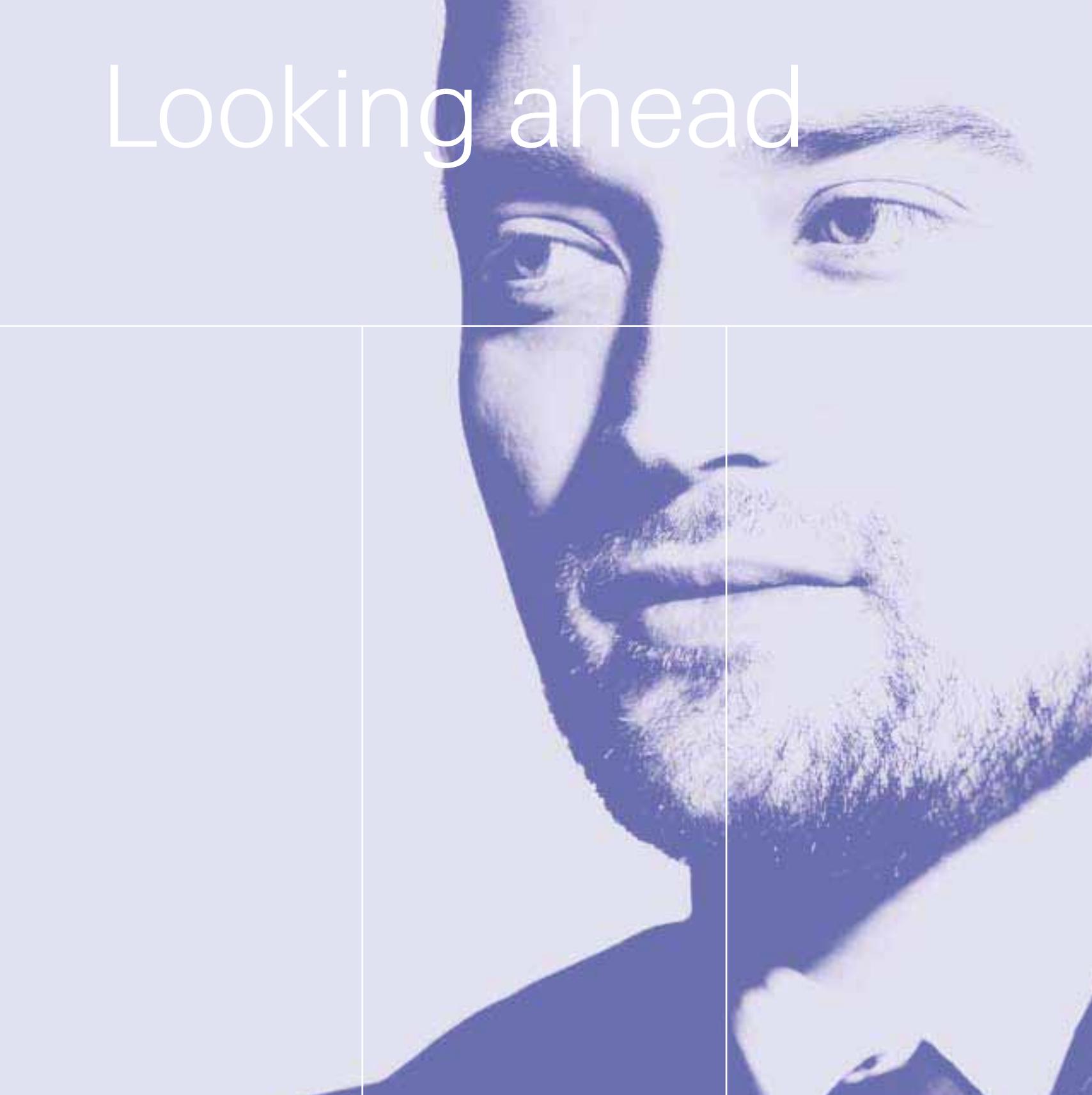
✉ strasser@erdw.ethz.ch

Die Studie

In seiner Doktorarbeit hat Michael Strasser am Geologischen Institut Rutschungen in Sedimenten von Schweizer Seen untersucht, die auf prähistorische Erdbeben von beträchtlicher Stärke schliessen lassen. Gemäss seinen Erkenntnissen kam es vor 13 800, vor 11 500 und vor 2200 Jahren auch in der Region Zürich zu starken Erdstössen, vermutlich aufgrund von Verschiebungen der kontinentalen Platten entlang der Alpen. Das erste dieser drei Beben hat im Zürichsee einen grösseren Abfluss geschaffen. Der Wasserspiegel des durch eine Moräne des Linthgletschers gestauten Sees lag damals etwa 14 Meter höher als heute. Das Erdbeben, dessen Epizentrum entlang der Alpenfront

östlich von Zug gelegen haben dürfte, erreichte nach Strassers Berechnungen in Zürich Werte von 6,5 bis 7 auf der sogenannten Intensitätskala. Diese misst den Grad der gefühlten Erschütterung an einem bestimmten Ort. Eine Intensität von 7 ist deutlich spürbar, Menschen rennen erschreckt aus den Häusern, Kamine und Innenwände können einstürzen. Vor 13 800 Jahren war die Region aber noch nicht bevölkert. Durch die massiven Erschütterungen, und/oder durch eine durch Rutschungen im See ausgelöste Tsunami-Welle geriet die Gletschermoräne in Zürich ins Rutschen, was zum plötzlichen Seeausfluss führte. Strassers Dissertation erscheint voraussichtlich im Herbst.

Looking ahead



www.swissre.com

You know what you want. And when it comes to planning your professional future, you leave nothing to chance. As a global leader in risk and capital management, Swiss Re thinks hard about the future too. We foster a strong culture of knowledge and development, and are constantly seeking ways of deepening our understanding of new risks. To meet this challenge we need motivated, committed people. Why not join us and help us shape our future together!

Expertise you can build on. **Swiss Re**





Yesterday
Livingroom Artist

Today
Manager, Pharma Partnering

ROCHE – WE INNOVATE HEALTHCARE. LET US INSPIRE YOUR CAREER.

Roche mit Hauptsitz in Basel, Schweiz, ist ein global führendes, forschungsorientiertes Healthcare-Unternehmen in den Bereichen Pharma und Diagnostika. Mit innovativen Produkten und Dienstleistungen, die der Früherkennung, Prävention, Diagnose und Behandlung von Krankheiten dienen, trägt das Unternehmen auf breiter Basis zur Verbesserung der Gesundheit und Lebensqualität von Menschen bei. Roche ist einer der weltweit bedeutendsten Anbieter von Diagnostika, der grösste Hersteller von Krebs- und Transplantationsmedikamenten und nimmt in der Virologie eine Spitzenposition ein.

Innovation ist der Schlüssel zum Erfolg – nicht nur in der Forschung und Entwicklung, sondern auch in der Gewinnung, Förderung und Begleitung der Mitarbeitenden.

Besuchen Sie uns auf unserer Homepage: www.roche.ch, registrieren Sie sich einfach im Talentpool oder bewerben Sie sich unter: <http://careers.roche.com/switzerland/>

Ihre Ideen könnten Teil unserer Innovationen für die Gesundheit werden.



We Innovate Healthcare