

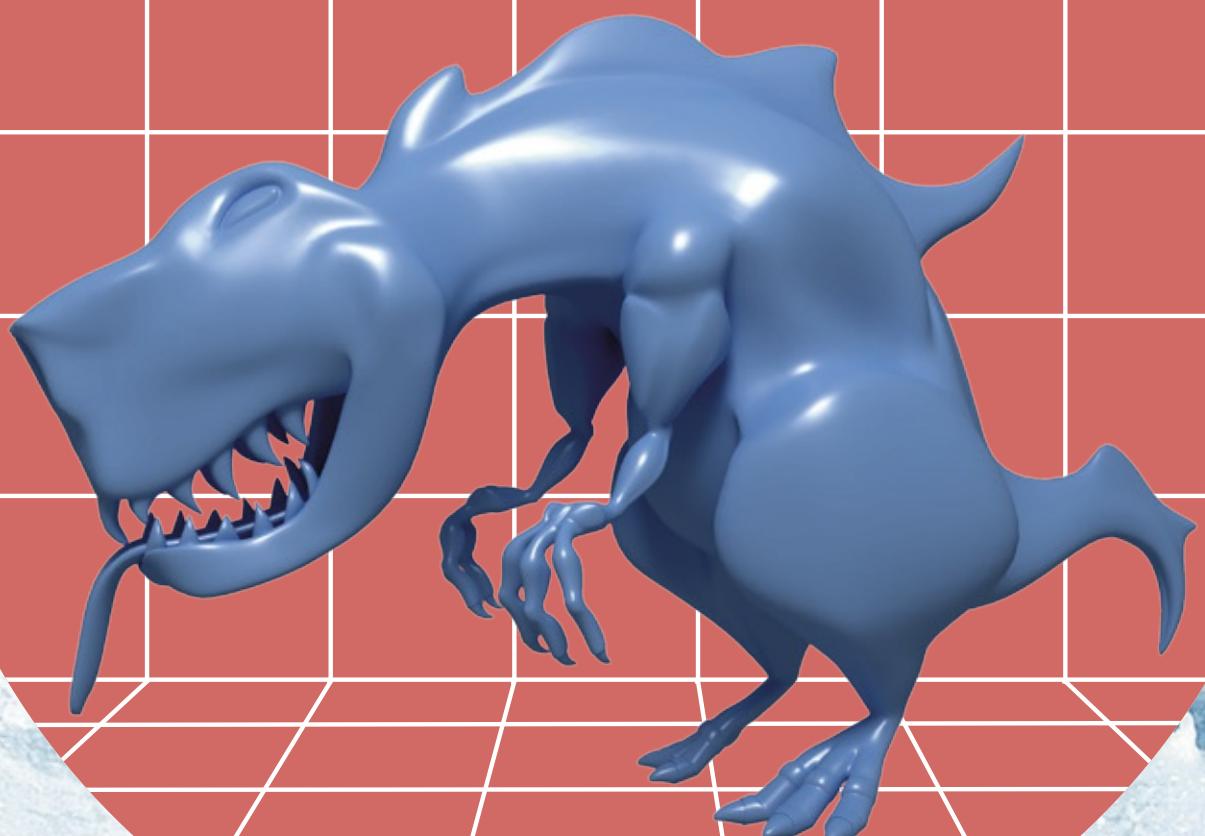
GLOBE

DIGITALE FABRIKATION

TOTAL REAL

Monster, Nasen und Bauwerke nach Mass

SEITE 14



Neues Zentrum für an-
wendungsreife Forschung
SEITE 34

Volle Fahrt: Besuch im
Eisenbahnlabor
SEITE 38

Ingenieurwissen im Kopf,
Handel im Blut
SEITE 46

All about your future

www.georgfischer.com

+GF+

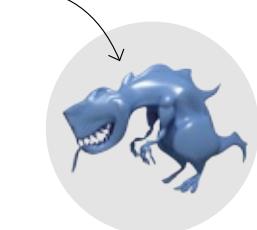
EDITORIAL

GLOBE
NR. 1/2015



NEUE DIMENSIONEN

3D-Effekte im Kino sind seit dem Film «Avatar» wohl jedem ein Begriff. Mehr und mehr dieser Effekte basieren auf Techniken aus Zürich. [Disney Research Zurich](#) und [weitere Labors](#) an der ETH entwickeln laufend neue Algorithmen, die Künstlern in Hollywood erlauben, immer grösseres Kino zu machen. Doch auch im Fabrikationsbereich erschliessen sich neue Dimensionen. Die digitale Fabrikation soll nun auch das Bauwesen revolutionieren. Automatisiert und trotzdem individuell – so könnte Bauen in Zukunft sein. Der neue Master of Advanced Studies ETH in Architektur und Digitaler Fabrikation trägt dazu bei. Nach Zukunftsmusik klingt auch, wenn Forschende von Organen aus dem 3D-Drucker sprechen. Im Labor der Gruppe Knorpeltechnologie und -regeneration am Departement für Gesundheitswissenschaften und Technologie werden immerhin bereits Knorpel-, Nasen- und Ohrentransplantate hergestellt. [Lesen Sie dazu mehr im Fokus ab Seite 14.](#)



Zum Titelbild:
Ob in Disneys «Frozen»
oder mit Steh-Versuchen
am gedruckten 3D-Modell:
die ETH ist führend
in 3D-Computing.



Definitiv Realität ist das neue Erscheinungsbild unseres Magazins *Globe*. Dynamisch, bildstark und mit vielen Zusatzinformationen in Kürze soll das Magazin Ihnen vielfältige Einstiegsmöglichkeiten in die Welt der ETH Zürich und ihrer Alumni bieten. Wir wünschen Ihnen viel Vergnügen bei der Entdeckungsreise.

Ihre Redaktion

Globe, das Magazin der ETH Zürich und der ETH Alumni.

ETH zürich

Wer setzt den nächsten Baustein für die Energiezukunft?

Axpo sucht den Gewinner des Axpo Energy Awards 2015!

Welcher Jungunternehmer hat die zündendste Idee im Energiegeschäft und gewinnt den begehrten Preis für sein Startup? Packen Sie die Chance und engagieren Sie sich mit Axpo voller Energie für eine nachhaltige Energiezukunft. Nicht verpassen, die Ausschreibung für den Axpo Energy Award startet demnächst.

Mit dem Axpo Energy Award und dem Axpo Energy Student of the Year fördert Axpo innovative Ideen. Mehr Informationen dazu finden Sie auf unserer Website und auf Facebook.

www.axpo.com/awards

INHALT

GLOBE
NR. 1/2015

NEW AND NOTED

7 News aus der ETH Zürich

8 Blitzlicht

10 Kohlenstoff aus der Tiefe



Globe hat das Eisenbahnabor der ETH besucht. – Seite 38

FOKUS DIGITALE FABRIKATION

14 Algorithmen, die Phantasien beflügeln

Computergrafiker sind in der Mathematik und der Informatik zuhause. Von ihren Technologien profitieren längst nicht nur Animationskünstler.

22 Erfolgreich in 3D

Seit die virtuelle Realität um die dritte Dimension erweitert wurde, ist 3D auch ein fruchtbare Feld für Unternehmensgründungen. Globe stellt fünf ETH-Spin-off-Ideen vor.

24 Umbruch auf der Baustelle

Das Bauwesen steht vor einem grundlegenden Wandel: effizientere Abläufe, neue Materialien und vielfältigere Bauten dank digitalen Technologien.

29 Nasen aus dem Bioprinter

Aus körpereigenen Zellen drucken ETH-Forschende Transplantate, die mit dem Patienten mitwachsen.



Die digitale Fabrikation soll die Architektur revolutionieren. – Seite 24

COMMUNITY

33 Verbunden mit der ETH

34 Ein Zentrum für anwendungsreife Forschung

37 Kolumne des ETH-Präsidenten

REPORTAGE

38 Volle Fahrt voraus

Nicht nur ETH-Studierende lernen im Eisenbahnabor ihr Handwerk.

CONNECTED

42 Begegnungen an der ETH

44 Agenda

PROFIL

46 Ingenieurwissen im Kopf, Handel im Blut

Walter Fust, der Mann, der hinter der Marke Dipl. Ing. Fust steht, hat viel mehr zu bieten als Haushaltgeräte.



5 FRAGEN

50 Reto Knutti

«Ich habe mich nie im Elfenbeinturm gefühlt.»



ClimatePartner[®]
klimaneutral

Druck | ID: 53232-1502-1013

IMPRESSUM — Herausgeber: ETH Alumni/ETH Zürich, ISSN 2235-7289 **Redaktion:** Roland Baumann (Leitung), Corinne Hodel, Martina Märki, Felix Würsten **Mitarbeit:** Andrea Lingk, Samuel Schlaefli **Inserateverwaltung:** ETH Alumni Communications, globe@alumni.ethz.ch, +41 44 632 51 24 **Inseratemanagement:** print-ad kretz gmbh, Männedorf, info@kretzgmbh.ch, +41 44 924 20 70

Gestaltung: Craftt Kommunikation AG, Zürich **Druck, Korrektorat:** Neidhart + Schön AG, Zürich **Übersetzung:** benchmark language communication, Berlin; Jayne Fox, Neuseeland; Pearce Translation, Zürich; Syntax Übersetzungen, Thalwil; Anna Focà, Nicol Klenk, ETH Zürich **Auflage:** 32300 deutsch, 30300 englisch, erscheint viermal jährlich **Abonnement:** «Globe» ist im Abonnement für CHF 20.– im Jahr (vier Ausgaben) erhältlich; die Vollmitgliedschaft bei ETH Alumni beinhaltet ein Globe-Jahresabonnement. **Bestellungen und Adressänderungen:** globe@hk.ethz.ch bzw. für ETH-Alumni direkt unter www.alumni.ethz.ch/myalumni **Kontakt:** www.ethz.ch/globe, globe@hk.ethz.ch, +41 44 632 42 52 **«Globe» gibt es auch als kostenlose Tablet-Version (iPad und Android) in Deutsch und Englisch**

«Dinge verbinden»

Immer mehr Gegenstände werden durch kleine Computer intelligent und übernehmen das «Denken» selbst, ohne dass eine Interaktion des Menschen nötig ist. Durch eine Internetähnliche Struktur, «Internet of Things», kommunizieren diese «intelligenten Dinge», auch «Smart Things» genannt, miteinander und eröffnen so eine Vielzahl neuer Möglichkeiten.

Plattform-Services für Ihre «Connected Smart Things»

Die Integration von Backend-Services für eine «Internet of Things»-Lösung stellt hohe Anforderungen an die jeweilige Plattform. Mit einer Cloud-Strategie von Noser Engineering erhalten Sie eine zeitgemäße IoT-Plattform:

- Sicher – Die Sicherheit Ihrer Daten hat oberste Priorität
- Sicherheit – Anpassung an Wachstum und Schwankungen
- Integration – Schnittstellen zu Fremdsystemen oder Sozialen Netzen
- Performant – schnelle Verarbeitung und Auswertung grosser Datenmengen
- Time-to-Market – effiziente Integration neuer Anforderungen
- Optimierte Fixkosten – stetige Anpassung der Kosten an den realen Bedarf

Kontaktieren Sie uns, gerne zeigen wir Ihnen geeignete Einsatzgebiete für Ihr Unternehmen auf.

NOSER ENGINEERING AG WINTERTHUR | LUZERN | BERN | MÜNCHEN | HEPPENHEIM

RUDOLF-DIESEL-STRASSE 3
CH-8404 WINTERTHUR
TEL +41 52 234 56 11

PLATZ 4
CH-6039 Root D4
TEL +41 41 455 66 11

GALGENFELDWEG 18
CH-3006 BERN
TEL +41 31 917 45 11

KONRAD-ZUSE-PLATZ 1
DE-81829 MÜNCHEN
TEL +49 89 9901 4880

DONNERSBERGSTRASSE 1
DE-64646 HEPPENHEIM
TEL +49 62 5267 4450

WWW.NOSER.COM | INFO@NOSER.COM



NEW AND NOTED

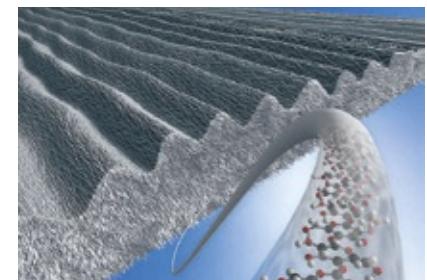


Ihre Entwicklung ermöglicht es, Hybridbusse effizienter zu betreiben.

Energieeffiziente Mobilität

WATT D'OR

Das Institut für Dynamische Systeme und Regelungstechnik der ETH Zürich erhielt Anfang Januar gemeinsam mit der Carrosserie Hess den Schweizer Energiepreis Watt d'Or in der Kategorie Energieeffiziente Mobilität. Ausgezeichnet wurden die Forschungspartner für die von ihnen entwickelte Technologie «Advanced Hybrid Electric Autobus Design», mit der sich diesellektrische Hybridbusse auf optimale Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit hin konfigurieren lassen.



Batterietechnik

NEUARTIGES GLAS ERHÖHT KAPAZITÄT

Energieexperten betonen es immer wieder: In Zukunft werden wir viel mehr sauberen Strom brauchen, um fossile Energieträger zu ersetzen und den CO₂-Ausstoss zu verringern. So sollen beispielsweise anstelle von benzinfreien Autos Elektrofahrzeuge auf unseren Straßen verkehren. Doch damit Elektrofahrzeuge grosse Reichweiten oder Handybatterien möglichst lange Akkulaufzeiten erreichen, braucht es bessere Batterien. Auch beim Umstieg auf erneuerbare Energiequellen spielen Speicher eine wichtige Rolle, um überschüssigen Strom aus Wind- oder Solarenergieanlagen zu lagern und Schwankungen auszugleichen. Die Forschung sucht deshalb nach neuen Materialien, die bei gleichem Volumen und Gewicht eine höhere Energiedichte und mehr

Ladekapazität aufweisen als die heutigen Lithium-Ionen-Batterien.

ETH-Wissenschaftler unter der Leitung von Semih Afyon von der Professur für Elektrochemische Materialien haben nun in mehrjähriger Forschungsarbeit ein Material entwickelt, das die Batterieleistung verdoppeln könnte. Es handelt sich um ein mit reduziertem Graphitoxid beschichtetes Vanadat-Borat-Glas, das die Forscher als Kathodenmaterial verwenden. Eine Batterie, welche die Forscher mit einer solchen Elektrode ausrüsteten, verfügte über eine Energiedichte von rund 1000 Wattstunden pro Kilogramm und erreichte eine Entladekapazität, die deutlich über 300 Milliampere-Stunden pro Gramm lag. Diese Energie würde reichen, um ein Handy eineinhalb bis zwei Mal so lange mit Strom zu versorgen wie heutige Lithium-Ionen-Batterien.

Professur für Elektrochemische Materialien:
→ www.electrochem.mat.ethz.ch

Implantate

BESSERE VERTRÄGLICHKEIT

ETH-Forscher haben einen Weg gefunden, wie sich die Verträglichkeit von Implantaten verbessern lässt. Bereits früher hatten sie festgestellt, dass Zellen besser mit strukturierten Oberflächen interagieren als mit glatten. Nun ist es ihnen gelungen, bakterielle Zellulose mit einer strukturierteren Oberfläche herzustellen. Das Material gilt als vielversprechend, um bessere Implantate herzustellen.



Doktorarbeit

FASZINIERENDE QUANTENWELT

Quantenmechanik ist äusserst komplex. Sie kann aber auch faszinieren, wie dieses Bild auf der Website des Quantum Device Lab zeigt: Erstellt hat es Jonas Mlynek für seine Doktorarbeit, die er 2014 bei Professor Andreas Wallraff fertiggestellt hat. In seiner Arbeit realisierte der Doktorand ein von Robert H. Dicke 1954 ersonnenes Gedankenexperiment zur sogenannten Superstrahlung. Einfach ausgedrückt hat Mlynek experimentell nachgewiesen, dass ein Quantenbit schneller vom angeregten Zustand in den Grundzustand zerfällt, wenn ein zweites Qubit vorhanden ist. Diesen

Zerfall hat er für spezielle Ausgangszustände untersucht, die nur in der Quantenwelt existieren. Darunter auch für die sogenannte Superposition, bei der sich die Qubits gleichzeitig in angeregtem und im Grundzustand befinden. Von den Ergebnissen begeistert hat Mlynek die Versuchsanordnung aus schwarzer Pappe, Plexiglas, einer Lichtquelle und etwas Trockeneis nachgebildet: Das Bild zeigt die zwei Qubits, die beide aus einem Superpositionszustand in den Grundzustand wechseln. Beim Zerfall werden Photonen (Licht) freigesetzt, und die Plexiglassäulen visualisieren die bisher unbeobachtete quantenmechanische Charakteristik des Strahlungsfeldes, das beim Experiment entsteht.

Unbekanntes Terrain

Aus dem Erdinnern gelangt viel Kohlenstoff an die Erdoberfläche – und von dort wieder zurück in die Tiefe. Wie dieser Kreislauf genau funktioniert, untersucht der Geologe Max Schmidt in seinem Hochdrucklabor.



Der Kilauea auf Big Island, Hawaii, ist einer der aktivsten Vulkane der Erde.

Sie türmen sich auf zu mächtigen Kalkbergen in den Alpen, prägen die malerische Felsküste von Dover und bilden das Rückgrat der farbenprächtigen Korallenriffe: Karbonatgesteine, die sich im Laufe von Jahrmillionen auf der Erdoberfläche abgelagert haben. Obwohl diese Gesteine für das heutige Bild der Erde prägend sind, fehlten sie in der Anfangszeit unseres Planeten vollständig. Denn die Erdatmosphäre enthielt damals noch keinen freien Sauerstoff, und so konnte sich der Kohlenstoff auf der Erdoberfläche auch nicht mit Kalzium und Sauerstoff zu Karbonaten verbinden. Dies änderte sich erst, als sich vor etwa zwei Milliarden Jahren die Zusammensetzung der Lufthülle grundlegend veränderte.

Schwer messbare Vulkangase

So eindrücklich die erwähnten Formationen auch sind: Der grösste Teil des irdischen Kohlenstoffs befindet sich nicht in diesen Gesteinen an der Erdoberfläche, sondern tief im Erdinnern. Der Erdmantel, der bis in eine Tiefe von 2900 Kilometern reicht, enthält drei- bis zehnmal mehr Kohlenstoff als die Erdkruste, welche die obersten 10 bis 50 Kilometer der Erde bildet. Wie viel Kohlenstoff effektiv im Erdmantel vorkommt, will Max Schmidt, Professor für Petrologie am Departement Erdwissenschaften der ETH Zürich, mit Hilfe von ausgeklügelten Experimenten herausfinden. Dazu setzt er in seinem Labor kleine Gesteinsproben hohem Druck und hoher Temperatur

aus und untersucht danach, wie sich der Kohlenstoff auf die verschiedenen Mineralien oder Schmelzen in der Probe verteilt. Je nachdem, wie die chemischen und physikalischen Bedingungen im Probengefäß sind, nehmen die verschiedenen Schmelzen unterschiedlich viel Kohlenstoff auf. Daraus wiederum lässt sich rekonstruieren, in welcher Form und in welcher Menge das Element in den verschiedenen Bereichen des Erdmantels vorkommt. Im tieferen Erdmantel beispielsweise ist der Kohlenstoff in elementarer Form stabil und formt sich unter den dortigen Bedingungen zu Diamant. Im obersten Erdmantel hingegen wird der Kohlenstoff oxidiert, so dass sich die Diamanten dort zu Kohlendioxid (CO_2) oder Karbonaten umwandeln.

Von besonderem Interesse ist aus geologischer Sicht vor allem der Austausch zwischen der Erdoberfläche und dem Erdmantel. In den Subduktionszonen entlang der Plattengrenzen werden von der Erdoberfläche aus grosse Mengen an Karbonaten in die Tiefe verfrachtet. Im Gegenzug stossen die Vulkane Kohlenstoff in Form von gasförmigem CO_2 in die Atmosphäre aus. Obwohl der tiefe Kohlenstoffkreislauf aus geologischer Sicht sehr wichtig ist, handelt es sich dabei noch um weitgehend unbekanntes Terrain. «Anhand der Bewegungen der Platten und des Wissens über den in diesen Platten gespeicherten Kohlenstoff können wir zwar berechnen, wie viel Kohlenstoff von der Erdoberfläche in den Erdmantel gelangt», erklärt

Schmidt. «Wie viel CO_2 umgekehrt aus dem Erdmantel wieder herauskommt, lässt sich hingegen nur abschätzen. Denn im Vergleich zum natürlichen CO_2 -Gehalt der Atmosphäre ist der Ausstoss der Vulkane gering, so dass eine zuverlässige Bestimmung der Gasmenge mit Fernerkundungsmethoden kaum möglich ist.»

Schmidts Experimente geben nun immerhin einen Anhaltspunkt, wie viel CO_2 die Vulkane insgesamt ausstossen könnten. Denn die Auswertung der Versuche zeigt, wie viel Kohlenstoff beim Aufsteigen des Magmas im Erdmantel bleibt und wie viel sich in der Schmelze löst – und damit später in vulkanischen Gesteinen als CO_2 -reiches Gas an die Oberfläche kommt. «Wenn wir eine Ahnung haben, wie viel Kohlenstoff im tiefen Erdinnern umgewälzt wird, können wir besser verstehen, wie sich die chemische Zusammensetzung der Erdatmosphäre im Laufe der Zeit entwickelt hat», erklärt der ETH-Forscher. Fest steht: Über geologisch relevante Zeiträume

hinweg betrachtet, gelangt aus dem Erdmantel deutlich mehr Kohlenstoff an die Erdoberfläche, als in die Tiefe verfrachtet wird. Das ist auch der Grund, warum die Menge an Karbonaten auf den Kontinenten im Laufe der Jahrtausende immer mehr zugenommen hat.

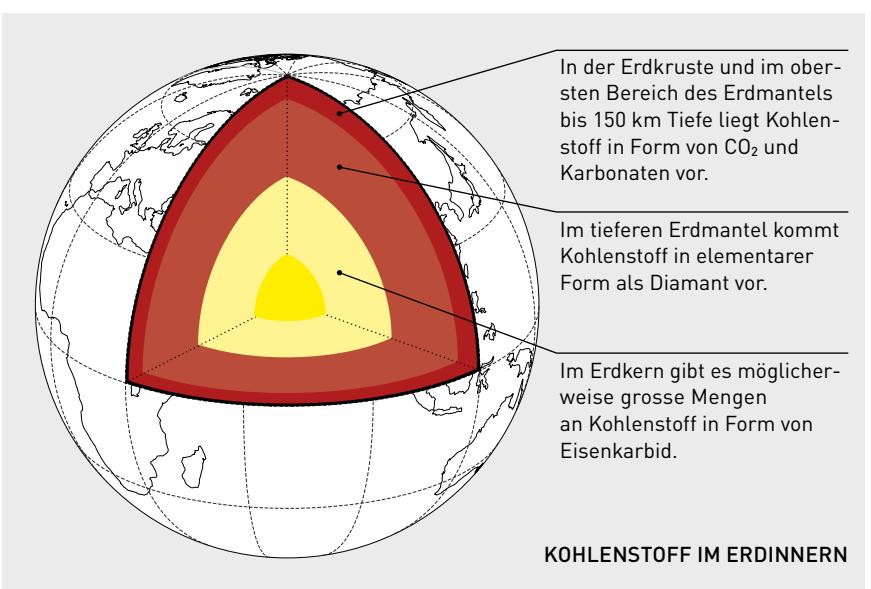
Erdkern als grosse Unbekannte

Schmidt interessiert sich aber noch für eine andere Frage: Wie viel Kohlenstoff befindet sich eigentlich im innersten Teil der Erde, im Erdkern, der im Gegensatz zum Erdmantel nicht aus Silikatgesteinen besteht, sondern aus metallischem Eisen und Nickel? «Wir wissen, dass Kohlenstoff sich besser in Metallphasen als in Silikatschmelzen löst», meint Schmidt. «Es könnte also gut sein, dass sich im Erdkern noch viel grössere Mengen an Kohlenstoff befinden als im Erdmantel.»

Die Frage, wo es wie viel Kohlenstoff gibt, ist auch deshalb relevant, weil die Antwort einen Hinweis liefern könnte, wie sich die Erde in den ersten

Hunderten Millionen Jahren entwickelte. Genau über diese Frage wird zurzeit in Fachkreisen heftig diskutiert: Wie entstand die heutige Erde aus dem anfänglichen Zustand, als es noch keinen getrennten Erdkern und Erdmantel gab, sondern nur ein Gemisch aus flüssigen Silikaten und Metallen? Seinen Beitrag zur Klärung dieser Frage will Schmidt in einem neuen Projekt leisten, bei dem er die anfänglichen Bedingungen auf der Erde in seinem Labor simulieren wird. Mit seinem Team will er herausfinden, wie sich der Kohlenstoff auf einem Planeten verteilt, der aus einem Gemisch aus Silikat- und Metallschmelze besteht und über eine Atmosphäre verfügt, die so dicht ist wie diejenige auf der Venus. Anhand dieser Experimente liesse sich nicht nur die Ausgangssituation der Erde vor 4,5 Milliarden Jahren rekonstruieren, sondern auch der bis jetzt unbekannte Kohlenstoffgehalt des Erdkerns bestimmen.

Eines aber hält Schmidt dezidiert fest: «So wichtig der tiefe Kohlenstoffkreislauf geologisch gesehen für die Entwicklung der Erde über Hunderte Millionen Jahre ist: Für den Zeitraum, der für uns Menschen relevant ist, ist der oberflächennahe Kohlenstoffkreislauf entscheidend, auch wenn er rein mengenmäßig viel kleiner ist.» Nicht die Wechselwirkung mit dem Erdmantel, sondern der Austausch zwischen der Biosphäre, den Meeren und der Atmosphäre prägt letztlich unser Leben auf der Erde und ist beispielweise auch dafür verantwortlich, wie sich die menschlichen Treibhausgasemissionen auf das künftige Klima auswirken werden. — Felix Würsten





12 Warum genau ist Bewegung gesund? Das will die ETH erforschen.

Gesundheitsforschung

SPORT UND GESUNDHEIT IM ALTER

Bewegung ist einer der Faktoren, der unsere Gesundheit am meisten beeinflusst. So schützt regelmässiger Sport beispielsweise vor Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Diabetes und senkt das Risiko für bestimmte Krebsarten. Über die Mechanismen, die hinter dieser Wirkung stehen, ist jedoch noch wenig bekannt. Deshalb richtet die ETH Zürich nun die neue Professur Physical Activity and Health ein, die sich vertieft mit dieser Frage befassen wird.

Unterstützt wird das Vorhaben durch eine Anschubfinanzierung der Wilhelm Schulthess-Stiftung von insgesamt 10 Millionen Franken, verteilt auf zehn Jahre. Die neue Professur verstärkt die bereits bestehende enge Zusammenarbeit zwischen der von der Stiftung getragenen Schulthess Klinik

und dem ETH-Departement Gesundheitswissenschaften und Technologie. Die beiden Institutionen arbeiten bereits eng im Bereich Medizintechnik und Biomechanik zusammen.

Mit dem Schwerpunktthema Gesundheit und Altern befasst sich das neue EU-Grossforschungsvorhaben EIT Health, an dem sich auch die ETH Zürich beteiligt. Voraussichtlich ab Mitte 2015 werden mehr als 140 europäische Unternehmen und Forschungsinstitutionen in diesem Projekt zusammenarbeiten. Mit einem Budget von insgesamt zwei Milliarden Euro, verteilt über die nächsten sieben Jahre, handelt es sich um eine der weltweit grössten öffentlichen Forschungsinitiativen im Gesundheitsbereich. Forschungsschwerpunkte der neuen Initiative sind chronische Leiden sowie kardiovaskuläre und neurologische Krankheiten.

Departement Gesundheitswissenschaften und Technologie:
→ www.hest.ethz.ch

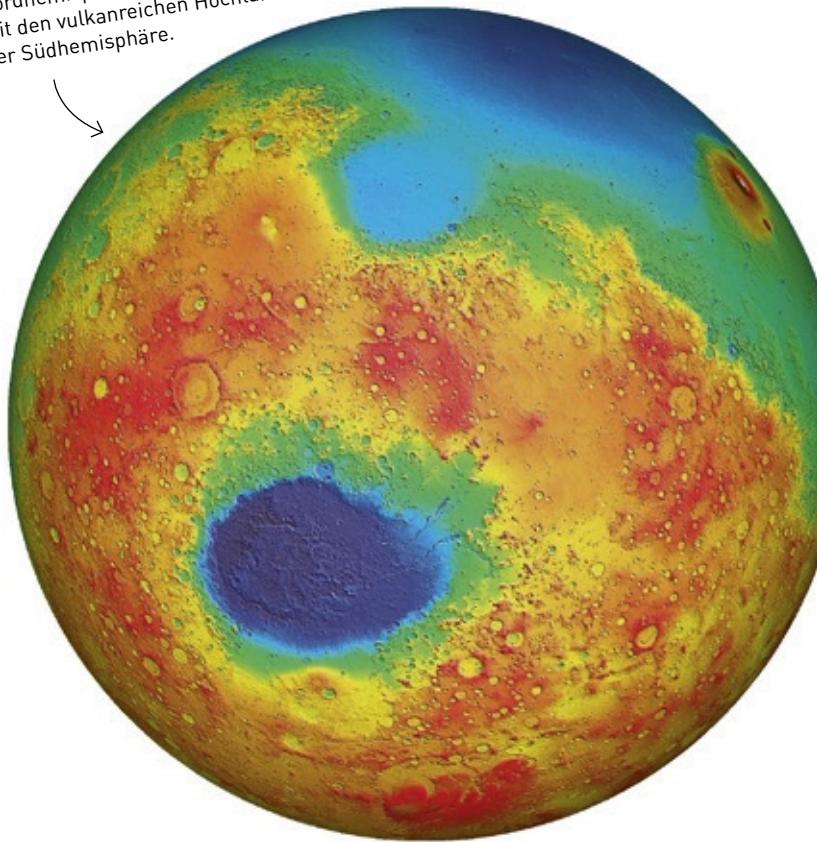
Genforschung

SCHADHAFTE DNA VERVIELFÄLTIGT

Am Anfang einer Krebserkrankung steht oftmals eine kleine Veränderung in der Erbsubstanz. Die DNA einer Körperzelle mutiert an einer Stelle so, dass sich die Zelle nicht mehr kontrolliert vervielfältigt, sondern unkontrolliert zu wachsen beginnt. Solche Genmutationen haben in vielen Fällen molekulare Vorstufen: chemische Veränderungen an einzelnen DNA-Bausteinen, sogenannte DNA-Addukte. Hervorgerufen werden sie etwa durch den Konsum von Tabak oder von Nahrungsmitteln, deren Inhaltsstoffe mit den DNA-Bausteinen so reagieren, dass DNA-Addukte entstehen.

Bisher war es nur möglich zu bestimmen, ob und in welcher Zahl bestimmte Genproben Addukte enthalten. An welcher Stelle im genetischen Code ein Baustein in ein Addukt verändert wurde, liess sich jedoch nicht eruieren. Forschenden aus der Gruppe von Shana Sturia, Professorin für Lebensmittel- und Ernährungskontrolle, gelang es nun erstmals, Genproben, die DNA-Addukte enthalten, so zu vervielfältigen, dass bei der Sequenzierung ein Hinweis auf diese Addukte in den Kopien erhalten bleibt. Somit scheint es künftig möglich zu sein, die Untersuchung von DNA-Proben auf Addukte auszuweiten. Damit liessen sich die molekularen Mechanismen bei der Entstehung von Krebs detaillierter untersuchen als bisher.

Zweigeteilter Mars: Die Tiefländer der Nordhemisphäre (blau) kontrastieren mit den vulkanreichen Hochländern der Südhemisphäre.



Planetenforschung

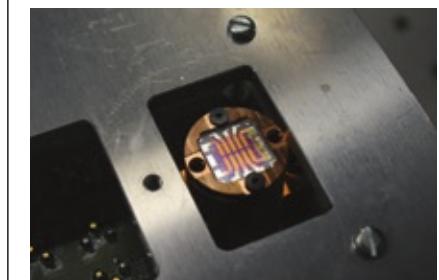
DIE ZWEI GESICHTER DES MARS

Kein anderer Planet unseres Sonnensystems weist zwei so verschiedene Hälften auf wie der Mars. Vulkanarme flache Tiefländer prägen die Nordhemisphäre, ausgedehnte, von unzähligen Vulkanen durchsetzte Hochländer die Südhemisphäre. Noch immer wird in Fachkreisen heftig über die Entstehung dieser sogenannten Mars-Dichotomie diskutiert. Geophysiker der ETH Zürich um Giovanni Leone haben nun mit Hilfe eines Computermodells einen neuen Erklärungsansatz entwickelt: Demnach hat in der Frühgeschichte des Sonnensystems ein grosser Himmelskörper in den Südpol des Mars eingeschlagen. Dieser Einschlag erzeugte dermassen viel Energie, dass ein Magma-Ozean entstand, der die Ausdehnung der heutigen Süd-

Nanokristall-Solarzellen

EINE THEORIE ZUM ELEKTRONENFLUSS

Die nächste Generation von Solarzellen könnte aus Kristallen aufgebaut sein, die nur einige Nanometer gross sind. Denn Halbleiter aus Nanokristallen haben vorzügliche optische Eigenschaften. Allerdings ist ihre elektrische Leitfähigkeit beschränkt, wodurch der Wirkungsgrad begrenzt wird. ETH-Forschende haben nun erstmals den Elektronenfluss in solchen Solarzellen in einem allgemein gültigen Modell beschrieben. Damit liefern sie eine wichtige Grundlage, um den Wirkungsgrad zu verbessern.



MRI-Messungen

STUDIE WIDERRUFEN

Im Oktober 2014 vermeldeten ETH-Forscher, sie hätten mit einem MRI-Gerät ein einziges Wasserstoffatom nachweisen können. Nun zogen die Wissenschaftler die Studie zurück, nachdem sie eine Schwachstelle in der verwendeten Detektionsmethode entdeckt hatten. Eine Neu-analyse der Daten ergab, dass die Messwerte in einigen Fällen auch anders erklärt werden können als in der Studie angenommen.

Algorithmen, die Phantasien beflügeln





Computergrafiker sind in der Mathematik und der Informatik zuhause. Von ihren Technologien profitieren längst nicht nur Animationskünstler, sondern auch Architekten und sogar Patienten.

TEXT Roland Baumann

D

ie Chancen stehen gut, dass Sie ihn gesehen haben, den Film «Frozen» oder «Die Eiskönigin – Völlig unverfroren», wie er auf Deutsch heißt. Es ist der erfolgreichste Animationsfilm aller Zeiten, überhäuft mit Preisen und einem weltweiten Einspielergebnis von 1,2 Milliarden US-Dollar. Die Geschichte basiert auf dem Märchen «Die Schneekönigin» von Hans Christian Andersen und spielt in einer Gegend, die an Norwegen erinnert. Doch das Eis im Film kommt aus der Schweiz. Gewiss – das Eis in einem Animationsfilm wird von einem Künstler gezeichnet. Doch hinter dem Glitzern und Flimmern stecken komplexe mathematische Formeln. Und diese Algorithmen stammen aus Zürich, genauer von Disney Research Zurich (DRZ). «Die volumetrische Ausbreitung von Licht ist ein hochphysikalischer Prozess», sagt DRZ-Direktor Markus Gross. Er erklärt, was es mit dem Schweizer Eis weiter auf sich hat: «Die Streukoeffizienten, die man für die Darstellung von Eis braucht, haben unsere Forscher rund um Wojciech Jarosz mit ihren Messgeräten in den Schweizer Bergen bei Davos gemessen.»

Disney Research Zurich ist das Aushängeschild, wenn es um Computergrafik am Designstandort Zürich geht. Markus Gross ist nicht nur Gründungsdirektor von DRZ, sondern auch der Grund dafür, dass Disney 2008 nach Zürich gekommen ist. Der 50-Jährige ist seit 1994 Professor an der ETH Zürich und Direktor des Computer Graphics Laboratory (CGL). Als Vordenker auf dem Gebiet der Computer-

grafik hatte er sich sowohl in der akademischen Welt wie auch in der Unterhaltungsindustrie einen internationalen Ruf erarbeitet und so Disney vom Standort Zürich überzeugt. Heute arbeiten rund 100 Leute bei DRZ und 40 im CGL. Die Forschenden befassen sich mit sämtlichen neuen Formen der Animation und des Storytelling – der Art und Weise, wie Geschichten erzählt werden – und allen Technologien, die es dazu braucht.

Die beiden Labors, die 15 Gehminuten voneinander entfernt liegen, haben dabei eine unterschiedliche Mission: «An der ETH betreiben wir Grundlagenforschung und arbeiten an neuen Technologien, die inspiriert sind von Trends», erklärt Gross. «Bei Disney machen wir Corporate Research, sind getrieben von den Veränderungen in den unterschiedlichen Geschäftsfeldern und müssen schauen, dass Disney dafür gewappnet ist.» Doch selbstverständlich befruchten sich die Arbeiten gegenseitig.

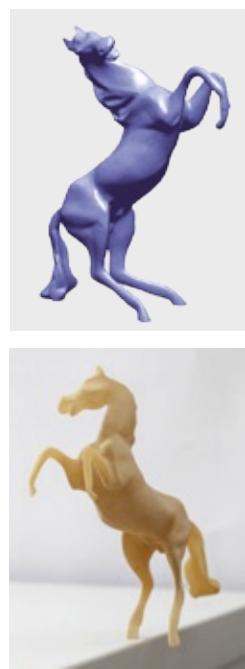
Gross interessiert sich vor allem für Gebiete, in denen Brüche stattfinden oder «Disruptions», wie er sie nennt, wo Althergebrachtes nicht mehr funktioniert. Ein Beispiel dafür ist der Bereich Big Visual Data: Heutige Kameras produzieren so gewaltige Datenmengen, dass konventionelle Verfahren der Videoverarbeitung nicht mehr funktionieren. «Am DRZ arbeitet eine Gruppe um Alexander Sorkine-Hornung daran, die Produktion im ganzen Live-Action-Bereich zu revolutionieren», sagt Gross. Dreharbeiten und Postproduktion sollen zu einem Ganzen verschmelzen, indem beispielsweise bereits am Set Spezialeffekte eingefügt werden. >



GROSSERFOLG
«Frozen» ist der erfolgreichste Animationsfilm aller Zeiten. Er wurde mit Preisen überhäuft und erzielte weltweit ein Einspielergebnis von 1,2 Milliarden US-Dollar. Das Eis im Film kommt aus der Schweiz – oder genauer gesagt von Disney Research Zurich.

Auch die rasante Entwicklung im Bereich automatisiertes Design und digitale Fabrikation führt zu Disruptions: «Computer sind heute in der Lage, interaktiv ein Design zu optimieren, wie es ein Ingenieur von Hand gar nicht kann», sagt Gross. Und mittels 3D-Drucken lassen sich ganz neue Produkte erzeugen: personalisiert, auf den einzelnen Nutzer zugeschnitten. So können wir uns heute etwa einscannen und als 3D-Figürchen drucken lassen. Das Resultat von handelsüblichen Scannern sieht bereits sehr realistisch aus, mit einer Ausnahme – die Haare. Dieses Problem kennt Thabo Beeler, der das Team Capture and Effects bei DRZ leitet, bestens: «Heutige Scanner können Frisuren nicht richtig erkennen, und so werden die Haare entweder ganz grob wiedergegeben oder es wird eine Musterfrisur ausgedruckt». Zusammen mit Derek Bradley hat er letztes Jahr an der SIGGRAPH, der weltweit wichtigsten Konferenz für Computergrafik, eine neuartige Technik vorgestellt, die genau dieses Problem löst. Sie ist vom Prozess inspiriert, den ein Bildhauer macht. Mit dem neuen Algorithmus lassen sich nicht nur individuelle Frisuren reproduzieren, sondern es lässt sich auch Gesichtshaar realistisch nachbilden.

Doch den Wissenschaftlern geht es um mehr. «Wir entwickeln Methoden, die möglichst allgemein gültig sind», sagt Markus Gross. «Wenn wir einen neuen Scanner bauen, um beispielsweise Storm Troopers des nächsten Star Wars mit individuellen Gesichtern versehen zu können, sind wir bestrebt, die zugrundeliegenden Technologien so generisch wie möglich zu machen, um sie möglichst breit anwenden zu können.» So sind ETH, Disney und das Universitätsspital Zürich zurzeit etwa daran, im Rahmen eines KTI-Projekts die medizinische Version eines Scanners zu bauen. Die fotorealistischen 3D-Bilder von Gesicht und Hals eignen sich beispielsweise dazu, die Kommunikation zwischen Medizinern und Patienten bei einer Kieferoperation zu verbessern. Zurzeit arbeiten die Forschenden am CGL an einer Erweiterung der Funktionalitäten, indem sie medizinische Daten integrieren. Parallel dazu erarbeiten sie eine Geschäftsstrategie, um den Scanner zu kommerzialisieren.



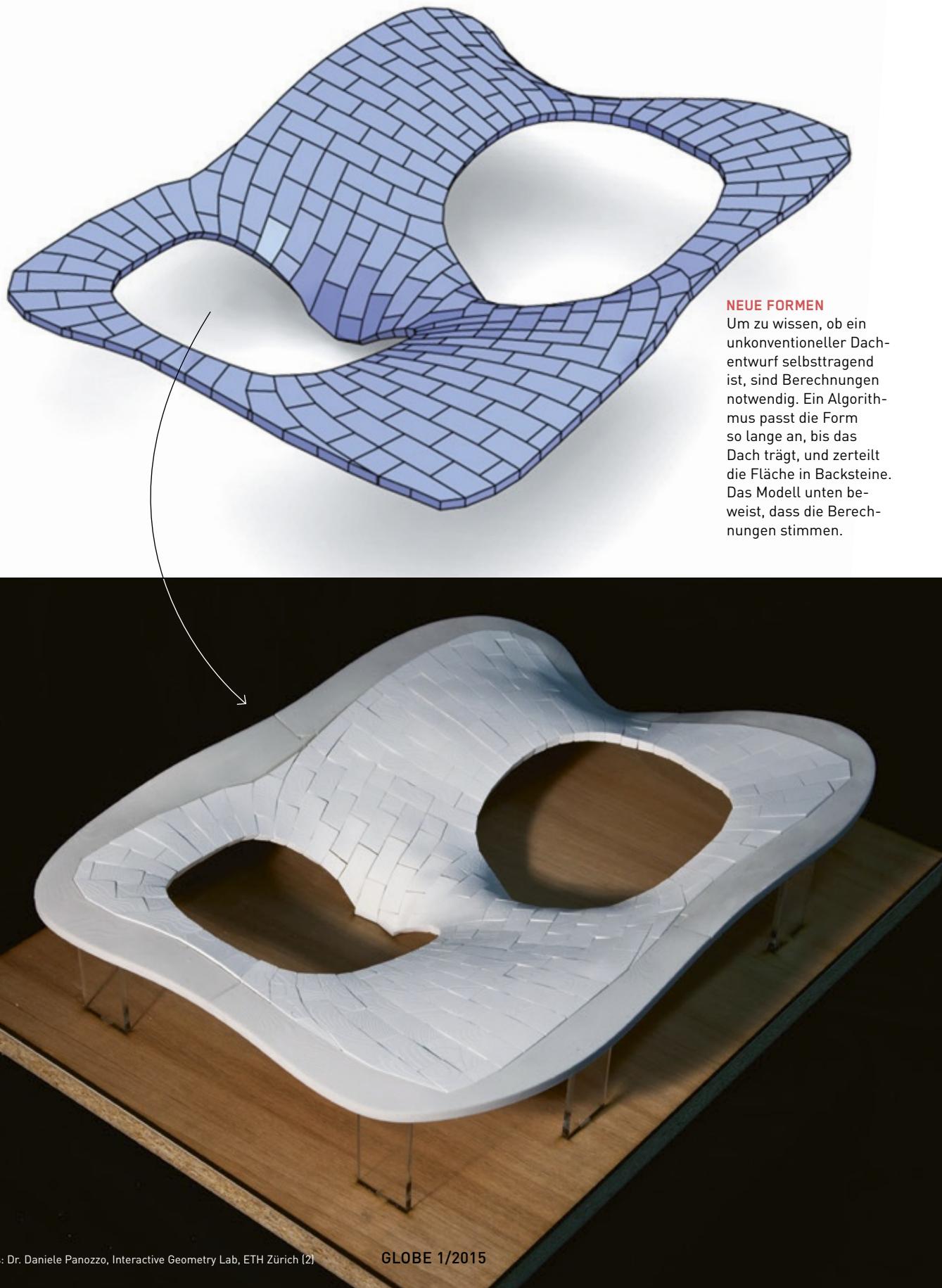
STEHT DIE FIGUR ODER STEHT SIE NICHT?

Ein Algorithmus aus dem Interactive Geometry Lab bestimmt nicht nur den Schwerpunkt einer Figur. Er berechnet auch, ob in einem 3D-Ausdruck Hohlräume notwendig sind oder ob die Form der Figur angepasst werden muss, damit beispielsweise ein steigendes Pferd ins Gleichgewicht kommt und steht.

Neben den beiden Labors von Markus Gross gibt es an der ETH ein weiteres, das von sich reden macht. Es ist das Interactive Geometry Lab, das sich in unmittelbarer Nachbarschaft zum CGL befindet. Es gehört Olga Sorkine-Hornung, die mit 34 Jahren eine internationale Kapazität im Bereich geometrischer Optimierung ist. Sie ist 2011 an die ETH Zürich gekommen, wo sie mit ihrem Team Algorithmen entwickelt, die unter anderem Künstler dabei unterstützen, 3D-Figuren zu kreieren oder zu animieren. Ihre Gruppe hat an der letztjährigen SIGGRAPH einen Algorithmus präsentiert, der nicht nur ein weiteres Beispiel für oben erwähnten Trend der Individualisierung ist, sondern auch bestens illustriert, worum es bei der geometrischen Optimierung geht.

Wenn wir eine Figur in einer bestimmten Position in 3D ausdrucken möchten – beispielsweise einen züngelnden Drachen oder ein steigendes Pferd –, ist es unmöglich einzuschätzen, ob diese stehen wird, weil wir anders als bei einer klaren geometrischen Form wie einem Würfel oder einer Kugel nicht wissen, wo der Schwerpunkt ist. Der Algorithmus aus Sorkines Team errechnet nun nicht nur den Schwerpunkt der gezeichneten Figur, sondern bestimmt auch Hohlräume, die beim 3D-Ausdruck angebracht werden müssen, um den Schwerpunkt der Figur so zu verschieben, dass sie steht. Lässt sich mittels Hohlräumen keine stabile Position für die Figur finden, wandelt der Algorithmus die Form automatisch ab, so dass die Figur eine stabile Position erhält. Und all diese Berechnungen finden in Echtzeit statt.

«Wir haben eine ganze Palette solcher mathematischer Tools entwickelt, mit denen wir sehr viele Möglichkeiten haben», sagt Sorkine. So sind die Forschenden auch in Gebieten tätig, in die sie sich teils sehr weit einarbeiten müssen. Wie zum Beispiel in die Welt der Architektur, wo Sorkine und ihr Postdoc Daniele Panozzo seit mehreren Jahren mit Philippe Block an einem Projekt arbeiten. Der Professor für Architektur und Tragwerk an der ETH Zürich interessiert sich dafür, ganz neue, individuelle Formen zu finden, die sich mit unverstärktem Mauerwerk realisieren lassen. Dafür gibt es >

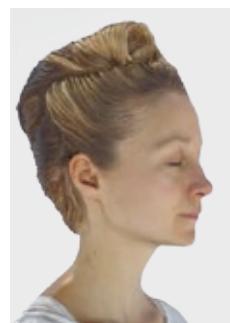


NEUE FORMEN
Um zu wissen, ob ein unkonventioneller Dachentwurf selbsttragend ist, sind Berechnungen notwendig. Ein Algorithmus passt die Form so lange an, bis das Dach trägt, und zerteilt die Fläche in Backsteine. Das Modell unten beweist, dass die Berechnungen stimmen.

aber kein Rezept, und es gilt das Gleiche wie bei den 3D-Figuren: Auch ein Architekt kann aufgrund einer Zeichnung nicht einschätzen, ob sein Dachentwurf selbsttragend ist. Das muss man berechnen. Und hier kommt Sorkines Lab ins Spiel: «Die Idee ist, dass der Architekt eine Fläche zeichnet, die nach seinem Verständnis selbsttragend sein könnte, und unser Algorithmus macht den Rest», erklärt die Computergrafikerin. Der Algorithmus deformiert den Entwurf so lange, bis er selbsttragend ist, und zerteilt die Fläche auch gleich in einzelne Backsteine. Die physikalische Anforderung lässt sich dabei relativ einfach erklären: Die Kräfte müssen sich an jedem einzelnen Punkt auf der Fläche auf null summieren. Das heißt, die Schwerkraft, die von oben kommt, und die Kompressionskräfte in der Fläche müssen sich ausgleichen. Doch dieses an sich einfache Prinzip mathematisch zu optimieren, ist alles andere als trivial: «Eine Fläche zu nehmen und so zu deformieren, dass sie dieses Prinzip erfüllt, ist ein bisschen wie Hexerei», sagt Sorkine.

Und als diese vollbracht war, fing das Lernen an, vor allem hinsichtlich der konkreten Umsetzung: Wie würde das Prinzip am konkreten Bau funktionieren? Um dies herauszufinden, haben die Forschenden in ihrem Modell zunächst eine Stütze aus Styropor gebaut, die «Backsteine» darauf gelegt und dann die Stütze entfernt. So eine Hilfskonstruktion wäre in der Realität allerdings viel zu teuer. Da nun aber Teile der Fläche selbsttragend sind, entwickelten die Forschenden einen Algorithmus, der diese Teile findet und berechnet, an welchen Punkten es eine temporäre Stütze braucht. Auf diese Weise könnte das Gemäuer nach und nach gebaut werden, indem ein Kran zum Einsatz kommt, der von Abschnitt zu Abschnitt weiterverlegt wird. Noch nicht gelöst ist allerdings die Frage, wie die individuell geformten Backsteine mit vernünftigem Aufwand und zu reellen Kosten hergestellt werden können.

«Dieses Projekt ist ein schönes Beispiel dafür, wie Mathematik und praktische Herausforderung Hand in Hand gehen können», sagt Olga Sorkine. «Backsteine einer Decke so anzutragen, dass sie selbsttragend sind, ist mathematisch sehr interessant, hat eine Anwen-



PERFEKTE FRISUR

Heutige Scanner können Frisuren nicht richtig erkennen. Haare werden im 3D-Druck entweder ganz grob wiedergegeben, oder es wird eine Musterfrisur gedruckt. Eine neuartige Technik erlaubt es, reale Frisuren zu drucken – ob ohne Farbe (mittleres Bild) oder mit Farbe (Bild unten).

dung, die dann in der Praxis die nächsten Fragen und Lösungen nach sich zieht.» Das Projekt zeigt aber auch, was es heißt, interdisziplinär zusammenzuarbeiten. So dauerte es eine gewisse Zeit, bis die Computergrafiker wussten, welche Probleme sie angehen können und wo die Architekten eine Lösung bringen müssen. Zudem mussten sie eine gemeinsame Sprache finden: «Die Architekten arbeiten wie wir mit Flächen und Geometrie, doch sie nennen alles anders», blickt Sorkine zurück. Der Aufwand hat sich gelohnt. «Vor der ETH habe ich das nie wirklich erlebt, so interdisziplinär zu arbeiten», sagt sie begeistert.

«Die schönsten Momente sind jene, in denen man für ein kompliziertes Problem eine Struktur findet, die man sehr einfach beschreiben kann», sagt Sorkine. Das bedeutet nicht, dass die Forschenden ein einfacheres Problem lösen. Sie finden die Lösung, indem sie das Problem von einer anderen, abstrakteren Seite anschauen. «Auch wenn etwas sehr kompliziert ist und visuell sehr schwierig aussieht, gibt es eigentlich nur ein paar Parameter, die die ganze Dynamik steuern», erklärt Sorkine. «Wir überlegen uns, wie man diese Parameter findet und wie man das Problem so darstellt, dass es mit diesen paar Parametern charakterisiert ist.»

Markus Gross, der vor Jahren als Ingenieur auch klassische physikalische Simulationsmodelle entwickelte, wie sie etwa beim Bau einer neuen Turbine gebraucht werden, erklärt die Herangehensweise von Computergrafikern so: «Die Simulation eines Ingenieurs muss präzis berechnen, beispielsweise den Druck, wenn Wasser durch eine Turbine strömt. Computergrafiker interessiert hingegen nicht, ob der Druck genau 100 Bar beträgt – es muss nur so aussehen als ob.» Während es in den klassischen Ingenieursdisziplinen also um eine quantitative Plausibilität geht, wollen Computergrafiker eine qualitative, sprich visuelle Plausibilität erzeugen.

Dafür können Ingenieure davon ausgehen, dass ihr Simulationssystem von einem Experten bedient wird, der weiß, wie instabil es ist, wann es funktioniert und wann nicht. Die Tools

aber, die bei DRZ entwickelt werden, bedienen Animationsartisten und Game Developer, die keine Ahnung von Physik haben. «Unsere Systeme müssen sehr robust sein», sagt Gross und weist auf einen weiteren Punkt hin: «Wir brauchen die künstlerische Kontrolle im Verfahren.» Künstler werden die Technologie nur dann anwenden, wenn sie zum Storytelling beiträgt; indem sie beispielsweise ermöglicht, eine Bewegung zu übertreiben. Dieses Stück Übertreibung gehorcht aber nicht mehr den physikalischen Gesetzen. «Da müssen wir schauen, dass wir das künstlerische Element reinkriegen, indem wir die Physik bewusst verbiegen, aber nur so weit, dass der Rest intakt bleibt», führt Gross aus.

Eine der größten Herausforderungen im Bereich Computergrafik bleibt aber, für Animationsfilme oder Games realistische menschliche Gesichter zu reproduzieren. Um eine animierte Figur mit einem menschlichen Antlitz sprechen zu lassen, müssen die Gesichtsbewegungen des Schauspielers erfasst und in ein Format umgewandelt werden, das sich für die Weiterverarbeitung eignet. Da wir Menschen aber ein sehr feines Sensorium für Gesichtszüge haben, merken wir sofort, wenn diese Umwandlung nicht vollständig funktioniert und bei der animierten Figur mit den Proportionen oder der Mimik etwas nicht ganz stimmt.

Im Bereich Face Capture hat DRZ in den letzten Jahren gewaltige Fortschritte erzielt und mit dem neuartigen Performance Capture System namens Medusa Aufsehen erregt. Die Hardware besteht aus einer Reihe im Halbkreis angeordneter Lichtquellen und Kameras, die einen Schauspieler von verschiedenen Seiten aufnehmen. Sie sind mit einer Software verbunden, die das sprechende Gesicht aus den Bildern rekonstruiert. Das Spezielle daran: Das System kommt ohne die so genannten Motion Capture Dots aus, die bei herkömmlichen Systemen auf den Gesichtern der Schauspieler angebracht werden müssen. So lassen sich mit Medusa effizienter und kostengünstiger hochauflöste 3D-Gesichter erstellen, bei denen man jede Pore und jede Falte einer Person beim



REALISTISCHE MIMIK

Aus den Bildern der Kameras von Medusa (Bild oben) berechnet ein Algorithmus die Geometrie des Kopfes,

Sprechen nachverfolgen kann. Das System kam beim Film «Maleficent» zum Einsatz, der 2014 in den Kinos lief. Hier standen die Macher vor der speziellen Herausforderung, dass sie die Gesichter dreier Schauspielerinnen rekonstruierten müssen, die sowohl als Menschen auftreten als auch in die Rollen von viel kleineren Feen schlüpfen. Wer die Pixies gesehen hat, weiß: Das Resultat spricht für sich.

Wie etwa das Beispiel aus der Architektur gezeigt hat, befähigt Computergrafik nicht nur die Unterhaltungsbranche. Sie kann auch das Lernen erleichtern, wie Markus Gross weiß: Sein Computer Graphics Laboratory hat eine Software entwickelt, die Kinder mit Legasthenie beim Lernen unterstützt. Daraus ist 2007 das ETH-Spin-off Dybuster entstanden, das schon über 100 000 Kinder in der Schweiz trainiert hat. Dabei wird mit Hilfe von maschinelner Intelligenz ein Profil des Lernenden erstellt, Stärken und Schwächen werden erfasst, die Aufnahmefähigkeit und die Aufmerksamkeitsdefizite festgestellt. Und dann werden ihm die Inhalte multimedial, grafisch in 3D über viele rezeptive Kanäle so individuell wie möglich präsentiert, um so die Lerngeschwindigkeit und den Lernerfolg zu optimieren. «Auch diese Art des spielerischen Lernens stellt eine Disruption dar», ist Gross überzeugt: «Wir werden in Zukunft anders lernen als heute. Wir werden das komplette Spektrum des Gehirns einsetzen.» □

Disney Research Zurich: → graphics.ethz.ch/drz
Computer Graphics Laboratory: → graphics.ethz.ch
Interactive Geometry Lab: → igl.ethz.ch



Erfolgreich in 3D

Seit die virtuelle Realität um die dritte Dimension erweitert wurde, ist 3D auch ein fruchtbares Feld für Unternehmensgründungen. *Globe* stellt **ETH-Spin-off**-Ideen vor:

1 PERFEKTE MASSJEANS

Genug geklammert, fanden zwei junge ETH-Ingenieure, welche die Klagen ihrer Freundinnen und Bekannten über schlecht sitzende Jeans nicht mehr mitanhören mochten. Ihre Idee: die perfekten Massjeans für jede Figur dank cleverer Algorithmen, die aus nur acht Messpunkten das genaue 3D-Modell der zukünftigen Trägerin errechnen. Vergangenen November konnten die Gründer von Selfnation ihr erstes Geschäftsjahr feiern. Das kleine Unternehmen verzeichnetet bereits über zweitausend Kundinnen. Nun möchte das Zürcher Startup auch die Herrenwelt mit ihren perfekt sitzenden Jeans beglücken. Im Januar 2015 startete Selfnation zudem in Deutschland, wo bereits jetzt rund 20 Prozent ihrer Jeans bestellt werden.

2 SMARTPHONE ALS 3D-SCANNER

Noch haben sie kein Spin-off gegründet, doch die App, die sie entwickeln, stößt bereits auf grosses Interesse. Das Team von Marc Pollefeys, Professor am Institut für Visual Computing, arbeitet daran, jedes gewöhnliche Smartphone in einen 3D-Scanner zu verwandeln. Mit ihrer Software wird das Scannen von dreidimensionalen Objekten fast so einfach wie Fotografieren. Alltagstauglich und nützlich für alle, die mit dreidimensionalen Modellen arbeiten, sei es im Konstruktionsbereich, in der plastischen Chirurgie, in der Architektur oder auch für die Tatortrekonstruktion in der Kriminalistik. Das Projekt erhielt nun einen «Proof-of-Concept»-Grant vom European Research Council, der den Forschern helfen soll, ihre Businessidee zu testen.

3 KÜNSTLICHE STADTWELEN

Das ETH-Spin-off Procedural entstand im Jahr 2007 aus dem Institut für Bildverarbeitung am Departement für Informationstechnologie und Elektrotechnik. Es machte sich vor allem mit der Software CityEngine einen Namen, mit der sich aus zweidimensionalen Daten 3D-Umgebungen von Städten erzeugen lassen. Die Software wird von Städteplanern und Architekten, aber auch von Game-Entwicklern und Filmstudios genutzt. 2011 wurde das Spin-off-Unternehmen von Esri (Environmental Systems Research Institute) für einen Millionenbetrag aufgekauft. Esri zählt zu den grössten privaten Softwarefirmen der Welt.

4 WIRKSAMERE MEDIKAMENTENTESTS

Auf Erfolgskurs ist auch das 2009 gegründete Spin-off-Unternehmen Insphero. Das stark wachsende ETH-Spin-off, das die 15 grössten Pharma- und Biotechfirmen zum Kundenstamm zählt, belegte Platz 1 bei den Top 100 Swiss Startup Awards und gewann den renommierten europäischen Gründerpreis ACES. Verdient, denn ihre dreidimensionalen Mikroorgane haben das Potenzial, die Entwicklung von neuen Medikamenten zu revolutionieren. Insphero stellt 3D-Proben von Tumor- und Lebergewebe her, an denen Medikamente wesentlich naturgetreuer getestet werden können als an herkömmlichen flächigen Gewebeproben.

5 SCHÖNER SPORT SCHAUEN

Als zwei sportbegeisterte ETH-Informatiker 2006 mit ihrer Eigenentwicklung Liberovision ein Spin-off gründeten, konnten sie nur davon träumen, dass Fernsehstationen rund um den Globus ihre Software für Sportübertragungen nutzen würden. Die Software erlaubt es, Spielsituationen in Fussball, Rugby oder anderen Sportarten in Echtzeit zu analysieren. 2012 kaufte das norwegische Unternehmen Vizrt das erfolgreiche Spin-off. Die Software ist seither als Viz Libero weltweit im Einsatz.

Umbruch auf der Baustelle

24

Digitale Technologien haben bereits viele Bereiche der Wirtschaft umkrempelt. Jetzt steht auch das Bauwesen vor einem Wandel: Effizientere Abläufe, neue Materialien und vielfältigere Häuser sind das Ziel.

INTERVIEW
Felix Würsten und Corinne Hodel

BILD
Nicole Bachmann

Herr Kohler, auf der Website des neuen Nationalen Forschungsschwerpunkts (NFS) Digitale Fabrikation steht: «Die digitale Fabrikation verspricht, die Architektur zu revolutionieren.» Braucht die Architektur eine Revolution?

MATTHIAS KOHLER – Das ist keine Forderung, sondern eine Feststellung: Der Bauprozess läuft immer noch hochgradig konventionell ab. Andere Wirtschaftsbereiche wurden durch digitale Technologien tiefgreifend transformiert. Deshalb stellt sich die Frage, ob in der Architektur und im nachgelagerten Bauprozess nicht auch ein Wandel ansteht. Der NFS Digitale Fabrikation befasst sich mit dieser Frage: Was ist der Mehrwert, wenn Bauteile vollständig von Maschinen assembled werden? Welche Bedingungen müssen erfüllt sein, damit Menschen auf der Baustelle mit Robotern zusammenarbeiten können? Und wie wirkt sich dies auf den Entwurf, die Planung und die Baukultur aus?

In Japan wurden allerdings schon vor längerer Zeit Häuser mit Robotern gebaut. Erfinden Sie das Rad neu?

KOHLER – Tatsächlich hat man in Japan in den 1990er-Jahren erste Schritte in Richtung Automatisierung auf der Baustelle gemacht. Es gab einen Boom, der aus ökonomischen Gründen jäh einbrach. Damals wollte man die serielle Massenproduktion von der

«Die maschinelle Massanfertigung ist das Neue.»

MATTHIAS KOHLER

Fabrik auf die Baustelle bringen. Das hat funktioniert, doch führte dieser technokratische Ansatz zu einer Einschränkung der Architektur und zu ausdruckslosen Bauten. In der heutigen Baukultur wird für jede Situation eine angemessene, «massgeschneiderte» Lösung gesucht. Darauf basiert die Qualität unserer Lebensräume. Wenn wir mit dem Roboter auf die Baustelle gehen, ist unsere Motivation heute >



MATTHIAS KOHLER ist Professor für Architektur und Digitale Fabrikation am Departement Architektur der ETH Zürich. Mit Fabio Gramazio baute er 2005 das weltweit erste Roboterlabor für nicht standardisierte Fabrikationsprozesse in der Architektur auf und eröffnete damit ein vollkommen neues Forschungsgebiet.

BALZ HALTER ist Inhaber und Verwaltungsratspräsident der Halter Unternehmungen, die in den Bereichen Entwicklung, Bau und Betrieb von Immobilien agieren. Er ist Bauingenieur ETH und Jurist.

JONAS BUCHLI ist Förderprofessor für Agile Robotik an der ETH Zürich. Sein Forschungsschwerpunkt liegt auf modellbasierten Ansätzen zur Steuerung robotischer und zum Verständnis menschlicher Fortbewegung, auf maschinellem Lernen sowie auf dynamischen Service- und Feldrobotern.

eine andere: Wir versuchen herauszufinden, wie die Abläufe rationalisiert werden können, aber gleichzeitig nach wie vor Massanfertigung erlauben. Das ist das eigentlich Neue: Jedes maschinell gefertigte Bauteil kann anders aussehen, sogar der einzelne Produktionsschritt lässt sich bis zu einem gewissen Grad individualisieren. Das machen wir zum Beispiel mit unseren Robotern: Je nach Aufgabe nutzt der gleiche Roboter andere Werkzeuge, um etwas zusammenzusetzen, zu bearbeiten oder zu formen. Dieser Ansatz führt bereits ab relativ kleinen Stückzahlen zu einer rationalen Fertigung.

Herr Halter, besteht bei den Bauherren überhaupt eine Nachfrage nach Individualisierung?

BALZ HALTER – Die Bauherren wollen sicher eine individuellere Ausstrahlung der Gebäude. Das schlägt sich auch in der Architektur nieder: Man sucht nach neuen Formen und Materialien. In der Bauindustrie haben wir die erwähnte Massenfertigung überwunden, weil wir gesehen haben, dass dieser Ansatz immer wieder zu den gleichen Gebäuden führt. Die Bauindustrie strebt durchaus eine Individualisierung an, denn diese bietet ja auch die Möglichkeit, sich von Mitbewerbern zu differenzieren.

Herr Buchli, was ist Ihre Motivation als Robotiker, sich mit Bauprozessen zu befassen?

JONAS BUCHLI – Viele Bereiche der Wirtschaft wurden durch die Digitalisierung umgekämpft. Es handelt sich vor allem um Bereiche, wo entweder Daten eine zentrale Rolle spielen oder wo man Probleme gut strukturieren kann. In der Robotik steht nun der nächste Schritt an, nämlich diese Technologien in Bereiche zu bringen, die weniger strukturiert sind, wo es mehr

sen. Das ist für mich als Forscher eine interessante Herausforderung.

Wie erleben Sie die Zusammenarbeit mit den Architekten?

BUCHLI – Wenn man mit Architekten zusammenarbeitet, hat man ganz andere Herausforderungen und Möglichkeiten, als wenn man «nur» mit Ingenieuren kooperiert. Ich lerne extrem viel und werde mit einer ganz anderen Perspektive konfrontiert. Was mich überrascht hat, ist, wie pragmatisch man Technologien einsetzt und wie zielgerichtet gearbeitet wird.

Was wurde denn schon umgesetzt?

KOHLER – Wir sind im Moment noch in einem frühen Forschungsstadium, auch wenn einzelne Unternehmen schon konkrete Schritte in Richtung digitale Fabrikation gemacht haben. Bis die Erfahrungen in einer ganzen Produktionskette integriert sind, braucht es viel Zeit. Beim Ziegel- und Holzbau haben wir gesehen, dass die Umsetzung sicher sechs bis zehn Jahre braucht. Umgerechnet auf die ganze Bauindustrie werden diese Umwälzungen mehrere Jahrzehnte beanspruchen. Spannend ist für mich die Frage: Was gewinnen wir durch diese Technologie an Qualität in der Architektur und in den Bauprozessen, und welche Vorteile ergeben sich für den Standort Schweiz?

HALTER – In der Praxis ist digitale Fabrikation heute durchaus ein Begriff.

«Wir können heute Strukturen mit einer Präzision herstellen, die ein Mensch nicht erreichen kann.»

JONAS BUCHLI

Flexibilität braucht und die Maschinen zeitnäher reagieren müssen. Das Bauwesen ist dazu ein interessantes Eintrittsgebiet. Eine Baustelle ist sicher weniger gut strukturiert als eine Fabrik, aber doch noch nicht so offen wie zum Beispiel die Welt der Serviceroboter, die selbstständig im Haushalt Tätigkeiten ausführen. Das Potenzial in der Baubranche ist sehr gross. Dieses können wir aber nur ausschöpfen, wenn wir schwierige Robotikprobleme lö-

Gerade im Holzbau wird schon sehr viel gemacht. Dass diese Technologien noch nicht in der Breite angewendet werden, ist weniger eine Frage der Möglichkeiten. Das Problem ist, dass wir nur digital produzieren können, wenn die Daten in entsprechender Form vorliegen. In diesem Bereich ist unsere Industrie einfach noch rückständig. Es gibt keinen integralen Prozess vom Entwurf über die Produktion bis hin zum Betrieb. Wenn wir die Daten schon im Planungsprozess richtig handhaben würden, wäre die Umsetzung nachher viel einfacher. Eigentlich hätten wir alle Instrumente zur Verfügung. Aber unsere Industrie ist noch nicht in der Lage, diese Instrumente zu nutzen.

Woran liegt das?

HALTER – Es liegt erstens daran, dass wir immer noch sehr gewerkspezifisch denken, also das Gebäude nicht als Gesamtsystem verstehen. Zweitens unterbrechen wir den Planungsprozess immer wieder, weil wir Daten von einem Ort an einen anderen übergeben. Und drittens ist die Bauindustrie sehr gewerblich und arbeitsteilig organisiert. Die Herstellung eines Autos erfolgt aus einem Guss, das ist bei Gebäuden nicht so. Dabei ist der Hausbau nicht komplizierter als der Automobilbau. Wir sind einfach so aufgestellt, dass es kompliziert wird. Deshalb läuft auf der Baustelle vieles noch sehr altertümlich ab. Aber darin liegt natürlich

auch eine Chance, gerade für den Entwurfsprozess. Was uns am Herzen liegt ist, dass die digitale Fabrikation zu qualitativen Verbesserungen führt und am Schluss auch ökonomische Vorteile bringt.

BUCHLI – Die ganze Entwicklung wird wohl ähnlich ablaufen wie in der Computertechnik. Als wir die ersten Computer auf dem Tisch hatten, war das überhaupt noch nicht produktiv. Aber es hat early adopters gegeben, die vorausgedacht haben. Erst jetzt, nach vielen Jahren, sind Computer auch für die Normaluser wirklich produktiv. Eine solche Entwicklung werden wir auch in der Bauindustrie durchmachen. Allerdings ist das Problem hier viel komplexer; deshalb sind auch die Zeithorizonte länger. Wir werden nicht in zwei, drei Jahren zurückblicken können und dann sagen, es hat funktioniert oder es hat nicht funktioniert.

Wo erwarten Sie die ersten Schritte?

BUCHLI – Was sich in näherer Zukunft wohl durchsetzen wird, sind Transportanwendungen, aber auch gewisse Präzisionsanwendungen. Wir können heute Strukturen mit einer Präzision herstellen, die ein Mensch nicht erreichen kann, zumindest nicht in dieser Zeit und unter den Rahmenbedingungen, unter denen ein Roboter arbeitet. Doch wenn wir diese Sachen auf die Baustelle bringen wollen, müssen wir vermehrt die Informationen von der Baustelle in den Planungsprozess ein-

beziehen. Bisher war das Ganze ein gerichteter Prozess: zuerst planen, dann ausführen. Jetzt geht es darum, den Kreis zu schliessen.

KOHLER – Die entscheidende Frage ist natürlich, wie man diese Vision umsetzt. In der Architektur ging man bis anhin stark vom Kopf aus. Die Idee war, eine ausgetüftelte Planungssoftware zu entwickeln, die alles integriert. Das funktioniert in der Planung heute auch weitgehend. Aber dort, wo das Ganze physisch wird, bleiben die Prozesse meistens konventionell. Wir wechseln nun die Perspektive und suchen nach Lösungen, die sich rückwärts integrieren lassen, also von der Ausführung zum Entwurf. Ich bin davon überzeugt, dass es uns mit diesem Ansatz viel eher gelingen wird, eine für das Bauwesen nachhaltige Transformation von innen heraus einzuleiten.

Teilen Sie diese Ansicht?

HALTER – Dieser Ansatz hat einiges für sich. Die Entwicklung wird stark von Architekten getrieben, die vom Endprodukt ausgehen und mit Bauteilen und Materialien arbeiten, die man nur in einem digitalen Prozess realisieren kann. Es gibt zum Beispiel Fassaden, die man nur noch datenbasiert planen und produzieren. Es wird auch spannend sein zu sehen, was die 3D-Drucker für einen Einfluss haben werden. Das ist genau der Punkt: Wir schauen, welche Möglichkeiten wir in der Produktion haben, und gehen >

PIONIERARBEIT IN FLÄSCH

Eines der ersten Gebäude, bei denen die digitale Fabrikation angewandt wurde, ist das Weingut Gantenbein im bündnerischen Fläsch. Im Jahr 2006 hat an der ETH Zürich unter der Leitung der Architekturprofessoren Matthias Kohler und Fabio Gramazio ein Industrieroboter Backsteine nach einem

vorprogrammierten Muster zusammengefügt. Die so entstandenen Fassadenelemente wurden vor Ort zur Gebäudehülle montiert. Durch die zueinander leicht verdrehten Steine und die daraus resultierenden Öffnungen zeigt sich nun an der Fassade – je nach Licht und Schatten – das Muster grosser Weintrauben.

Von Robotern gebaut, von Weinliebhabern geschätzt



BÜROGEBAUDE ALS FORSCHUNGSLABOR

Für den Neubau des «Arch_Tec_Lab» der ETH Zürich auf dem Campus Hönggerberg plant die Professur für Architektur und Digitale Fabrikation eine neuartige Dachkonstruktion aus kleinteiligen Holzelementen. Das Projekt zeigt die Potenziale der Verknüpfung von

digitalen Fertigungstechniken mit nachhaltigen und lokal verfügbaren Baumaterialien wie Holz auf. Die Konstruktion besteht aus über 45000 einzelnen Elementen, die zu einem frei geformten Holzdach verwoben werden. Das Gebäude wird im Herbst 2016 bezugsbereit sein.

Die Dachkonstruktion als Forschungsobjekt



von dort aus zurück zum Entwurf, bis sich die beiden Enden gefunden haben. KOHLER – 3D-Druck ist ein interessantes Stichwort: Der 3D-Drucker lässt sich nicht ohne Weiteres auf die Architektur übertragen. Grundsätzlich sind additive Prozesse für uns aber natürlich spannend. Denn gute Architektur entsteht aus dem kunstvollen Fügen von Elementen zu Räumen, die grösser sind als die Maschinen, die sie bauen. Hier kommt nun das 3D-Drucken ins Spiel: Wie finden wir in der Architektur Aufbaustategien, die auf digitalen Technologien basieren, aber trotzdem die Anforderungen und die Ökonomie der Architektur berücksichtigen? Es macht zum Beispiel wenig Sinn, ein ganzes Gebäude zu drucken. Wegen der Auflösung, mit welcher der Drucker arbeitet, dauert der Bauprozess sehr lange und das Material ist überdies sehr teuer. Setzt man aber grössere Bauelemente ein, kann man eine bauadäquate Auflösung erreichen.

«Wir brauchen Leute, die mit solchen Technologien umgehen können.»

BALZ HALTER

Können Sie das noch etwas präzisieren?
KOHLER – Ich spreche zum Beispiel von digitalen Materialsystemen: Plötzlich kann man dank digitaler Technologien anders mit einem Baustoff umgehen als bisher. Es kann gut sein, dass das zu Entwicklungssprüngen führen wird. Daneben gibt es noch den ökologischen Aspekt: Heute werden Betonwände so konzipiert, dass sie dem schlimmsten Lastfall standhalten. Diese Wände werden mit einem geraden Schalungssystem gebaut. Das führt dazu, dass rund ein Drittel des Betons statisch gar nicht gebraucht wird. Setzen wir Systeme ein, die ohne Schalung auskommen, hat das Konsequenzen auf unseren Umgang mit materiellen Ressourcen. Wenn sich die Baukultur in diese Richtung entwickelt, können wir mit digitaler Fabrikation auch in diesem Bereich Mehrwerte schaffen. Mit unseren Projekten schaffen wir Wissen, das Schweizer Firmen international verwenden können. Es würde uns freuen, wenn die Industrie diese Impulse aufnehmen würde und aus unseren Projekten interessante Kooperationen entstehen würden. Das ist verständlich. ○

Neuer Masterstudiengang in Architektur und Digitaler Fabrikation

Der MAS ETH in Architektur und Digitaler Fabrikation ist ein interdisziplinäres Weiterbildungsprogramm des Nationalen Forschungsschwerpunkts (NFS) Digitale Fabrikation und der ETH Zürich. Im Zentrum stehen die Methoden und Techniken der digitalen Fabrikation und deren Bedeutung für die Architektur der Zukunft. Der NFS Digitale Fabrikation ist eine ambitionierte Forschungsinitiative, die Spitzenforschung in den Bereichen Architektur, Ingenieurwesen, Robotik, Material- und Computerwissenschaften vereint. Als zentrale Bildungsplattform des NFS ist das Programm im Zentrum der neusten Forschungserkenntnisse angesiedelt. In den einzigartigen robotischen Fertigungsanlagen des NFS werden die Studierenden die Möglichkeit haben, digitale Entwurfs- und Konstruktionsprozesse zu erforschen und unmittelbar in grossmassstäbliche Prototypen umzusetzen.

Der MAS ETH in Architektur und Digitaler Fabrikation ist als zwölftmonatiges Vollzeitstudium konzipiert und richtet sich an Hochschulabsolventen mit ausgewiesenen gestalterischen Fähigkeiten. Geleitet wird der MAS von der Professur Gramazio Kohler Research an der ETH Zürich. Programmstart ist am 14. September 2015. Bewerbungen können bis zum 30. April 2015 online eingereicht werden. → www.dfab.ch/mas

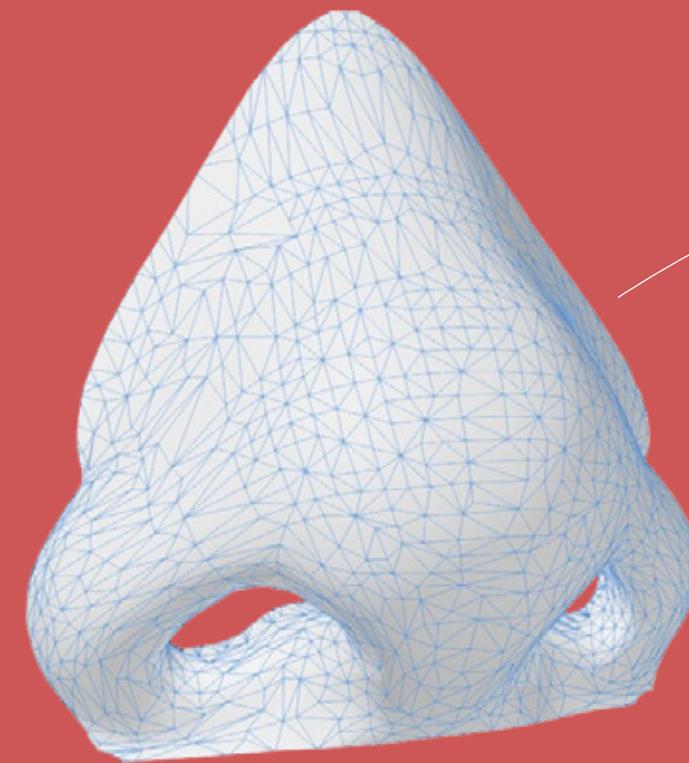


Nasen aus dem Bioprinter

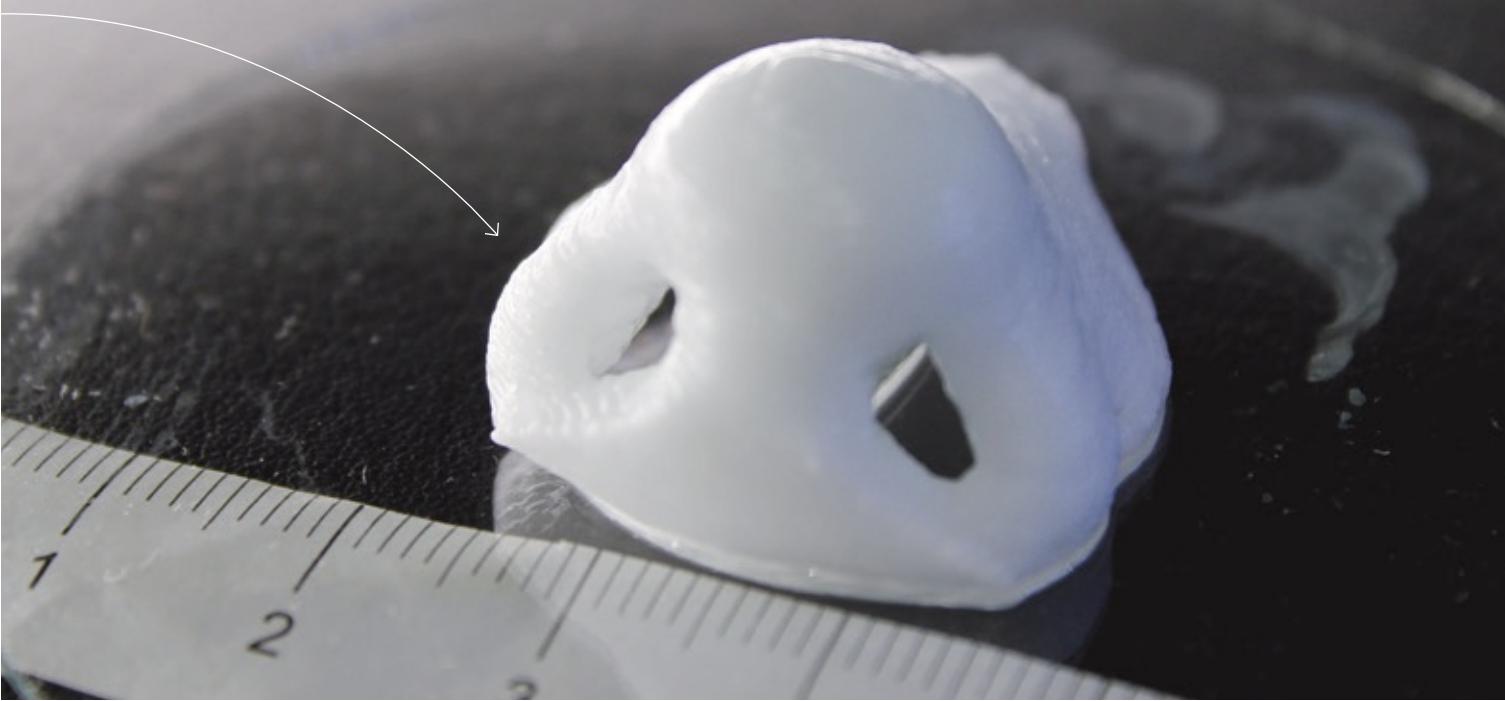
3D-Drucker eröffnen auch in der Medizin komplett neue Möglichkeiten. Eine Forschungsgruppe um Marcy Zenobi-Wong druckt Knorpeltransplantate aus körpereigenen Zellen. Sie sind personalisiert und wachsen mit dem Patienten mit.

TEXT Samuel Schlaefli

Bioprinting, der 3D-Druck mit zellulären Materialien, ist gerade auf dem besten Weg, das nächste grosse Ding in der personalisierten Medizin zu werden. Im Labor der Gruppe Knorpeltechnologie und -regeneration am Departement für Gesundheitswissenschaften und Technologie präsentiert Matti Kesti den Stand der Forschung: In einer mit Nährstofflösung gefüllten Schale liegen ein weisstrüber Knorpel einer Nase und eines Miniatur-Ohrs. Beide hat der Doktorand aus einem Mix aus Biopolymeren und lebendigen Knorpelzellen mit dem laboreigenen Bioprinter gefertigt – einem 3D-Drucker für biologische Materialien. Der aussergewöhnliche Drucker ist so gross wie eine Laborkapelle und sieht auf den ersten Blick auch aus wie ein geschützter Abzug im Labor. Das Herz der Anlage ist ein Rad mit acht Spritzen, die alle mit einer anderen Suspension gefüllt werden können. Über einen Computer ausserhalb des verschliessbaren Printers werden die Kolben der Spritzen anhand von digitalen Daten eines dreidimensionalen Modells angesteuert. Die Suspension wird dann haargenau aus der Spritzdüse gedrückt und auf einer darunter liegenden Plattform, die schnell hin und her saust, eine beliebige Struktur im Schichtverfahren aufgebaut – zum Beispiel ein Stück Gelenkknorpel oder ein Nasenknorpel. Für Letzteren braucht der Biodrucker 16 Minuten. Kesti skizziert, wie dieses Verfahren die Rekonstruktions-Chirurgie künftig revolutionieren könnte: Bei einem schweren Autounfall wird die Nase eines Passagiers zerschmettert. Sie wird am Computer als 3D-Modell rekonstruiert. Gleichzeitig werden dem Patienten bei einer Biopsie körpereigene Knorpelzellen entnommen, zum Beispiel aus Knie, Finger, Ohren oder Splittern der zertrümmerten Nase. Die Zellen werden im Labor vermehrt und mit einem Biopolymer vermischt. Aus dieser zahnpastaähnlichen Suspension wird mit dem Bioprinter ein Nasenknorpel-Transplantat aufgebaut, das dem Patienten chirurgisch eingesetzt wird. Das Biopolymer dient dabei lediglich zur Formgebung; es wird später durch die körpereigenen Knorpelzellen abgebaut. Nach wenigen >



Aufgrund von medizinischen Aufnahmen entsteht ein Computermodell der Nase. Dieses dient als Vorlage für den Bioprinter, der mit Hilfe dieser Daten die Nase naturgetreu aufbaut.



Monaten unterscheidet sich das einstige Transplantat nicht mehr von einem körpereigenen Nasenknorpel. Dieses Verfahren hat gegenüber klassischen Implantaten, zum Beispiel aus Silikon, bedeutende Vorteile: Die Gefahr von Abstossungsreaktionen durch den Körper ist viel geringer. Und besonders für junge Patienten entscheidend: Das zelluläre Implantat wächst mit dem Patienten mit, da es genauso wie andere Körperteile vom Wachstumsmotor des Patienten gesteuert wird.

Hohe Anforderungen an Biotinte

Dass der Zelldruck gerade jetzt Einzug in die Medizin hält, hat seine Gründe: «Den 3D-Drucker gibt es seit fast 20 Jahren. Dass er für chirurgische Zwecke erst gerade entdeckt wird, liegt vor allem an den fehlenden Biotinten», sagt Marcy Zenobi-Wong, Professorin und Leiterin von Kestis Forschungsprojekt. Kommerzielle, zelluläre Druckpatronen gibt es bis heute nicht, weil die Transplantation extrem hohe Anforderungen an das Material stellt. Jeder Stoff, der klinisch eingesetzt

werden soll, unterliegt strengen internationalen und nationalen Richtlinien und muss vor der Anwendung im Spitaljahr lang getestet werden – und das kostet oft Millionen. Deshalb setzen Zenobi-Wong und ihre Forschungsgruppe auf Biopolymere, die bereits aus dem Spitalalltag bekannt sind. Zum Beispiel Alginsäuren. Das sind aus Seegras extrahierte Polymere, die gut körperverträglich sind. Oder Chondroitinsulfat, ein körpereigenes Makromolekül, das für den Widerstand des Knorpelgewebes verantwortlich ist.

Fürs Bioprinting werden solche Biopolymere mit Zellen von Menschen, oder für Laborzwecke auch von Tieren, versetzt und zu einem sogenannten Hydrogel mit bis zu 90 Prozent Wasseranteil aufbereitet. Die Fließeigenschaften dieser Biotinte müssen genau stimmen, damit das Gel die Spritzenkanülen nicht verstopft.

Gleichzeitig muss sie aber auch genügend viskos sein, damit sie die Struktur des aufzubauenden Körpers überhaupt halten kann. Wäre das Gel nämlich zu

flüssig, so würden die Schichten beim Druck zerfliessen. Hinzu kommen die Gelierungseigenschaften: Damit aus dem Gel eine feste Struktur wird, die für Ärzte nutzbar ist, muss die Form fixiert werden. Dies geschieht über eine Polymerisation des Hydrogels, die durch Licht, Temperatur, eine Änderung des pH-Werts oder durch Zugabe von Ionen initiiert wird. «Unser Spielraum ist dabei sehr eng», erklärt Zenobi-Wong. «Denn wir müssen stets aufpassen, dass die Zellen während des Druckprozesses nicht geschädigt werden.» Ein grosser Teil ihrer Forschung widmet sich deshalb der Suche nach passenden Biopolymeren und nach zellschonenden Formen der Polymerisation.

Dritte Dimension als Wegweiser

Eine der ersten Anwendungen von gedruckten Knorpeltransplantaten könnte bei Verletzungen in Knie- und Sprunggelenken liegen. Schon heute werden nach Sportverletzungen bei jüngeren Patienten Knorpeltransplantationen durchgeführt. Dafür werden im Labor

körpereigene Knorpelzellen auf Hydrogel-Bändern gezüchtet, und daraus wird ein passendes Stück in die verletzte Stelle eingenäht. Das ist zwar gut, aber nicht ideal: Denn beim zweidimensionalen Zellwachstum im Labor fehlen wichtige räumliche Informationen für die spätere Funktion. Die Zellen bilden deshalb ein narbenähnliches Gewebe aus, anstelle von Knorpelmasse. Da mit dem Bioprinter Zellen und ihre stützende Struktur – die sogenannte extrazelluläre Matrix – im gleichen Schritt gedruckt werden, steht ihr zukünftiger Einsatz von Beginn an fest. Die Zellen behalten dadurch ihre ursprünglichen Merkmale und reproduzieren neuen körpereigenen Knorpel.

Die ersten Transplantate aus dem Bioprinter sollen noch dieses Jahr in Schafen oder Ziegen getestet werden. Solche Grosstierversuche sind die Voraussetzung für klinische Tests mit Menschen, die den Weg für einen Einsatz im Spitalalltag ebnen. «Ob wir künftig Bioprinter in den Spitälern antreffen werden, ist aber weniger eine

technische Frage, sondern hängt davon ab, ob die Technologie von Ärzten, Patienten und Versicherungen akzeptiert wird», ist Zenobi-Wong überzeugt. Ihre Forschungsgruppe arbeitet deshalb schon heute eng mit Medizinern der Schulthess Klinik zusammen.

Herzen aus dem Drucker?

Seit 2004 der erste internationale Workshop zu Bioprinting stattfand, ist das Forschungsfeld kontinuierlich gewachsen. Aktuell arbeiten weltweit bereits über 80 Forschungsgruppen an möglichen klinischen Anwendungen. Und in den USA drängen bereits erste kommerzielle Anbieter von gedruckten Zellstrukturen für medizinische Tests auf den Markt – angetrieben von viel Risikokapital. Werden also auf die ersten gedruckten und implantierten Knorpel bald auch Herzen und Nieren folgen, wie manche prognostizieren? Zenobi-Wong ist kritisch: «Um Bioprinting herrscht momentan ein grosser Hype. Aber von vielem, was heute schon versprochen wird, ist man in der Forschung noch sehr weit entfernt.»

Die Herstellung von Knorpel sei relativ einfach im Vergleich zur Herstellung von Körperorganen, die sofort mit Blut und grossen Mengen Sauerstoff versorgt werden müssen. Bei Herz, Lunge oder Niere müssten Hunderte von Kapillaren für die Versorgung des Organs mitgedruckt werden – in einer Präzision und Materialität, wie sie wahrscheinlich noch lange nicht umsetzbar sind. Hinzu komme, dass in solchen Organen – anders als bei Knorpel – unterschiedliche Zellen miteinander kommunizieren müssen, um eine ganze Reihe von unterschiedlichen Funktionen zu erfüllen. «Unsere Expertise liegt beim Knorpel, dem wohl einfachsten Körpergewebe fürs Bioprinting», sagt Zenobi-Wong. «Doch heute wissen wir, dass selbst dieses alles andere als einfach zu drucken ist.» ○

Forschungsprojekte von Marcy Zenobi-Wong:
→ www.cartilage.ethz.ch



Explore the business potential of your technology:

**CHF 130.000
TO KICK YOUR
STARTUP**

A PHILANTHROPIC INITIATIVE OF A PRIVATE CONSORTIUM

— G E B E R T R Ü F S T I F T U N G —
WISSENSCHAFT. BEWEGEN

AVINA STIFTUNG

ERNST GÖHNER STIFTUNG

Debiopharm Group
WE DEVELOP FOR PATIENTS

FONDATION
LOMBARD ODIER

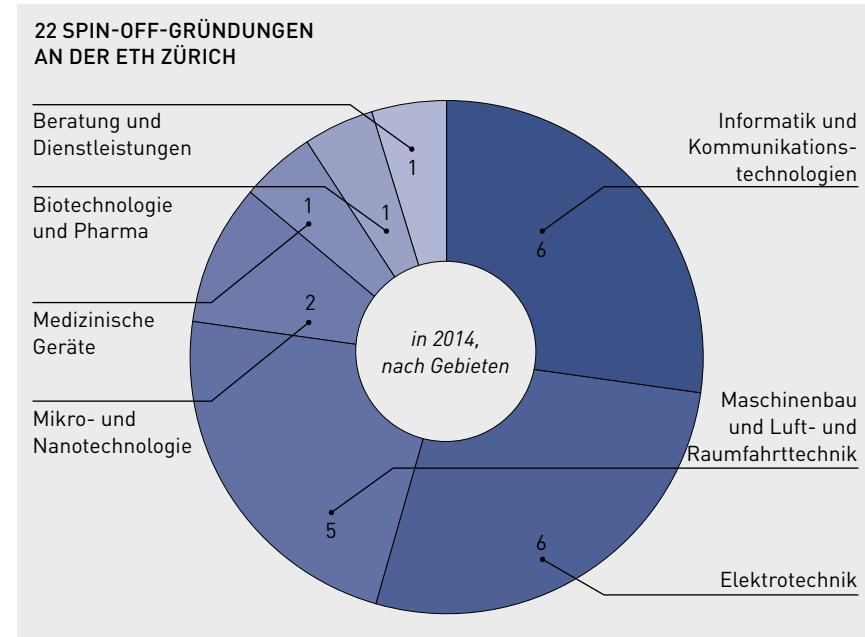
André Hoffmann

OPO STIFTUNG

Hansjörg Wyss

Get your kick: venturekick.ch

COMMUNITY



Die meisten Spin-offs wurden in den Bereichen Informatik und Kommunikationstechnologien sowie Elektrotechnik gegründet.

Innovationsgeist

ERFOLGSJAHR FÜR ETH-SPIN-OFFS

Die Forschenden der ETH Zürich sind für ihren Innovationsgeist bekannt. Seit 1996 sind über 300 Spin-offs an der Hochschule entstanden, davon 22 im Jahr 2014. Zahlreiche Auszeichnungen und Preise zeugen vom Erfolg der ETH-Spin-offs. Auf der Liste der Top 100 Swiss Startups des Instituts für Jungunternehmen rangierten im Jahr 2014 insgesamt 18 ETH-Spin-offs, davon drei unter den besten zehn. Die Gründer von InSphere konnten sich gar über Platz 1 freuen. Gleich drei Spin-offs der ETH konnten die Jury der Initiative Venture-Kick überzeugen. Selfnation, Noonee und Bitsplitters gewannen die mit je 130 000 Franken dotierten Förderpreise. ETH-

Spin-offs sind immer wieder begehrte Übernahmekandidaten für Grossunternehmen. So wurde Covagen im letzten Jahr gemäss Medienberichten für über 200 Millionen Franken von einer Tochtergesellschaft von Johnson & Johnson aufgekauft.

Acht der 2014 gegründeten Spin-offs entstammen den ETH-eigenen Förderprogrammen. Mit dem Programm Pioneer-Fellowships unterstützt die ETH Masterstudierende und Doktorierende, die nach ihrem Abschluss eine innovative Geschäfts-Idee weiterentwickeln möchten, mit Stipendien. Zusätzlich existieren an der ETH zwei Innovation and Entrepreneurship Labs (ieLab), in denen junge Forschende erste Prototypen entwickeln und von erfahrenen Coaches aus der Industrie beraten werden. Zudem regt die neu lancierte ETH Founders Community den Austausch unter ETH-Spin-off-Gründern an.



Rektorin Sarah Springman

Polybahn-Pitch

SCHULLEITUNG IN FAHRT

Anlässlich des Amtsantritts der neuen Schulleitung im Januar erzählen alle fünf Schulleitungsmitglieder in einem Videostatement von ihrer Tätigkeit – und dies kurz und knapp und bei Wind und Wetter während einer Fahrt mit der Polybahn. Die neue Rektorin Sarah Springman zum Beispiel macht deutlich, warum die Lehre an der ETH wichtig für die Schweiz ist.

→ www.ethz.ch/video-springman-de

Förderprogramm ESOP

GROSSZÜGIGE ALUMNI

Fast 2000 ETH Alumni und Freunde haben im letzten Jahr mehr als eine halbe Million Franken gespendet zur Unterstützung des Excellence Scholarship & Opportunity Programme (ESOP). Damit kann die ETH in diesem Jahr zwölf von 50 ESOP-Stipendien finanzieren. Mit ESOP fördert die ETH Zürich hervorragende Studierende, die ein Masterstudium an der ETH absolvieren möchten. Das Stipendium deckt die Studien- und Lebenshaltungskosten.

Wyss Zurich

Ein Zentrum für anwendungsreife Forschung

Die ETH und die Universität Zürich starten ein neues Translationszentrum an der Schnittstelle von Medizin, Natur- und Ingenieurwissenschaften. Ermöglicht wird es durch eine Donation von Dr. h. c. mult. Hansjörg Wyss.



120 Millionen Dollar
für Aufbau und Betrieb in den ersten sieben Jahren.

Simon Hoerstrup,
Professor für regenerative Medizin
der Universität Zürich, und Roland
Siegwart, ETH-
Professor für Robotik, sind Co-Leiter
von Wyss Zurich.

«So eine Chance ergibt sich nicht alle Tage», betont ETH-Professor Roland Siegwart, Co-Direktor des entstehenden Wyss Translational Center Zurich (Wyss Zurich). Das neue Zentrum, das von ETH und Universität Zürich gemeinsam getragen wird, hat ein klares Ziel: Es soll Erkenntnisse aus der Grundlagen- und präklinischen Forschung beschleunigt in die Anwendung bringen. In der ersten Phase stehen dabei die Bereiche regenerative

Medizin und Robotik im Vordergrund. Mit dieser Ausrichtung fügt sich das Wyss Zurich ideal in die aktuellen Bestrebungen der beiden Zürcher Spitzenhochschulen und ihren verbündeten Institutionen ein, Zürich zu einem weltweit herausragenden Zentrum der Hochschulmedizin zu machen (vgl. Globe Nr. 4, Dezember 2014). Die grosszügige Donation von ETH-Alumnus Hansjörg Wyss, Gründer der Medizintechnikfirma Synthes Global und

Chairman der Wyss Foundation, kommt so gesehen genau zum richtigen Zeitpunkt. «Die hier in der Schweiz betriebene Grundlagenforschung zählt weltweit zur besten. Aber es dauert oft lange, bis die Erkenntnisse für die Anwendung und zum Wohle des Patienten nutzbar gemacht werden können. Ich möchte mithelfen, mit neuen Modellen der interdisziplinären Zusammenarbeit diesen Transfer zu beschleunigen», erklärte Wyss die Beweggrün-

de für seine Schenkung anlässlich der Vertragsunterzeichnung. Es ist nicht seine erste Initiative zur Beschleunigung medizinisch-technischer Forschung. 2008 ermöglichte Wyss mit einer ähnlich grosszügigen Donation die Gründung des Wyss Institute for Biologically Inspired Engineering an der Universität Harvard. Zudem fördert er ein Wyss Center für Bio- und Neuroengineering in Genf.

«Wir können von solchen hervorragenden Mitbewerbern in verwandten Forschungsgebieten nur profitieren», sagt Wyss-Zurich-Co-Direktor Siegwart. Ein Treffen mit den Kollegen des Wyss Institute in Harvard, um mögliche gemeinsame Interessensgebiete auszuloten, ist bereits geplant. Und es gibt auch personelle Beziehungen: Simon Hoerstrup, Professor für regenerative Medizin an der Universität Zürich, ist der zweite Co-Leiter und Associate Faculty Member am Wyss Institute in Harvard.

Regenerative Medizin und Robotik
Vorerst geht es jedoch darum, das Wyss Zurich aufzubauen. Das neue Forschungszentrum in Zürich startet mit vier konkreten Projekten: Im Projekt Zurich Life Matrix arbeitet man im Labor aus menschlichen Zellen hergestellten Blutgefäßen und Herzklap-

pen. Wird eine solche Herzklappe einem Säugling oder Kind eingesetzt, könnte sie sich sogar an die Wachstumsphasen des Kindes anpassen und mitwachsen. Damit würden viele Komplikationen und zusätzliche Operationen vermieden. Um ausserhalb des Körpers entwickeltes Gewebe geht es auch im Projekt Zurich Liver: Die Forscher möchten Leberstücke eines Patienten ausserhalb des Körpers wachsen lassen, um sie dann zurück in den Patienten transplantiert zu können. Dieses Verfahren soll vor allem dazu dienen, bei Patienten mit schweren Lebererkrankungen eigenes Spendermaterial zu generieren. So könnte der Bedarf an Spenderorganen drastisch gesenkt werden. Organspenden sind auch ein grosses Problem bei Patienten mit lebensbedrohlicher Herzschwäche. Zurich Heart/Ventricular Devices arbeitet deshalb an der Verbesserung von künstlichen Herzunterstützungspumpen. Auf dem Gebiet der Robotik schliesslich soll im Projekt Zurich Eye ein kamerabasiertes Positionierungssystem entwickelt werden, das selbstständig Pläne von der Umgebung aufbaut und eine exakte Positionierung ermöglicht. Autonome Fahrzeuge und Fluggeräte können so selbstständig navigieren und Menschen bei verschiedenen Aufgaben unterstützen.

Interdisziplinarität wird in allen Projekten grossgeschrieben. Damit Synergien zwischen Forschenden von Universität und ETH und aus den verschiedenen Fachgebieten optimal zum Tragen kommen, träumt Siegwart von einem gemeinsamen Standort für das Zentrum. Doch das ist noch Zukunftsmusik. In zweieinhalb bis drei Jahren darf man aber bereits mit konkreten Forschungsergebnissen rechnen, so Siegwart. — Martina Märki



Weitere Informationen unter:
[→ www.ethz.ch/wyss](http://www.ethz.ch/wyss)

Karriere

VIKTOR SIGRIST



Viktor Sigrist ist neuer Direktor der Hochschule Luzern - Technik und Architektur. Zuvor war er Vizepräsident Strukturentwicklung der Technischen Universität Hamburg-Harburg und Professor für Entwurf und Konstruktion von Tragwerken. Der in Luzern aufgewachsene Bauingenieur studierte und promovierte an der ETH Zürich.

BEI SWISSHAUS

Neuer CEO von Swisshaus AG ist Marko Virant. Das Unternehmen ist Schweizer Marktführer im Bau von Einfamilienhäusern. Virant ist promovierter Bauingenieur und aktiver ETH Alumnus.

IN DIE OST SCHWEIZ

Nicolas Rohner, Head Sales Engineering bei Axpo Trading AG, wird neuer Leiter Energie und Vertrieb und Mitglied der Geschäftsleitung beim Elektrizitätswerk des Kantons Thurgau. Rohner doktorierte am Departement Management, Technology and Economics und engagiert sich als Vorstandsmitglied für die ETH Alumni Vereinigung.

Studierendenzahlen**INGENIEURE IM KOMMEN**

Noch nie zuvor haben sich so viele neue Studierende an der ETH Zürich eingeschrieben. 2657 Bachelorstudierende haben im Herbst 2014 ihr Studium in Angriff genommen, das sind etwas mehr als im Vorjahr. Der Studiengang Maschineningenieurwissenschaften ist mit 426 Neueintritten nach wie vor mit Abstand am gefragtesten. Dass die Studierendenzahlen in den Ingenieurfächern seit Jahren kontinuierlich zunehmen, ist mit Blick auf den Fachkräftemangel sehr erfreulich.



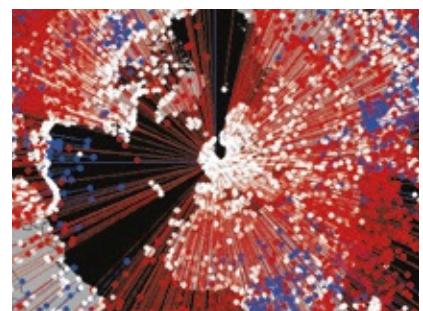
Die ETH Zürich bildet die Fachkräfte der Zukunft aus.

36

37

Singapore-ETH Centre**RESILIENTE SYSTEME**

In Ländern mit einem hohen Organisationsgrad sind die Infrastruktursysteme immer stärker miteinander vernetzt. Das Singapore-ETH Centre will mit dem neu lancierten Projekt Future Resilient Systems (FRS) innovative Ansätze entwickeln, um solche Systeme belastbarer und widerstandsfähiger zu machen.



Der Schwerpunkt von FRS liegt auf Energieversorgungssystemen.

ETH Zürich Foundation**LEGAT FÜR ELEKTROTECHNIK UND ENERGIEFORSCHUNG**

Von der Möglichkeit eines Legats für die ETH Zürich las Dr. Alfred Spälti zum ersten Mal in einem Artikel über den Unternehmer und ETH-Alumnus Branco Weiss. Kurz darauf rief Spälti bei der ETH Zürich Foundation an, um sich im persönlichen Gespräch über Fördermöglichkeiten im Rahmen seines Nachlasses zu informieren. Daraus entstand ein jahrelanges, gutes Verhältnis zwischen Herrn Spälti und der ETH Zürich Foundation.

Dr. Alfred Spälti durfte auf ein langes, erfülltes Leben zurückblicken, als er nun am 13. November 2014 im Alter von 97 Jahren friedlich einschlief. Er wuchs im Kanton Zürich auf und begann 1935 sein Studium an der Abtei-

lung für Elektrotechnik an der ETH Zürich. Seine Promotionsarbeit verfasste er bei Karl Kuhlmann, Professor für theoretische Elektrotechnik und Elektromaschinenbau. Später arbeitete Spälti bei der Albiswerk Zürich AG, bei Brown, Boveri & Cie (heute ABB) und lange Zeit bei Landis + Gyr. Dort war er unter anderem technischer Leiter und meldete in dieser Funktion mehrere Patente für seine Erfindungen an. Gleichzeitig war er lange Jahre in der Schweizerischen Physikalischen Gesellschaft tätig, und selbst in seinem Ruhestand reiste er als Funktionär der International Electrotechnical Commission weiterhin um die Welt.

Wie vom Donator gewünscht, werden nun mit dem neu eröffneten «Dr. Alfred und Flora Spälti Fonds» Wissenschaft und Technik unterstützt. Der Schwerpunkt liegt dabei auf den Gebieten der Elektrotechnik, der Energieforschung inklusive Nukleartechnik, der Nachrichtenübermittlung und der Physik.

Was hat das nun mit der ETH zu tun, mögen Sie sich fragen. Eine Menge! Mit der Software der Firma AutoForm fertigen die wichtigsten Autohersteller weltweit ihre Blechteile. Die Firma ist ein Spin-off der ETH, ebenso wie Sensirion, deren Feuchtigkeits- und Temperatursensoren inzwischen in jedem fünften Auto eingebaut sind. Die Computermaus, die gleichzeitig Dokumente einscannen kann, geht auf eine Technologie des ETH-Spin-off Dacuda zurück. Und für Terminumfragen setzen viele von uns auf Doodle, auch diese Applikation hat ihren Ursprung an der ETH. Dass die Schokoladenkugeln von Lindor so fein auf der Zunge zergehen, dazu haben unsere Lebensmitteltechnologen beigetragen, und die immer dichter werdenen Fahrpläne der SBB werden dank Algorithmen optimiert, die an der ETH entwickelt wurden. Schliesslich ist es dem Know-how des an der ETH angesiedelten Disney-Lab zu verdanken, dass Rapunzels Haar im gleichnamigen Film in magischem Licht erscheint. ETH inside, könnte man das nennen oder wie die ETH in unserem Alltag präsent ist, ohne dass wir uns dessen bewusst sind. Die Liste von Technologien, die an unserer Schule ihren Anfang nahmen, liesse sich beliebig verlängern.

M eist stehen die grösseren und spektakuläreren Kooperationsprojekte im Rampenlicht. Heute wollte ich bewusst einmal auf die zahlreichen versteckten Beiträge der ETH hinweisen. Technologieführerschaft und Produkteinnovation, das sind Ausrufezeichen, die unsere Jungfirmen immer wieder setzen und die auch aus Kooperationen zwischen Hochschule und Firmen entstehen. Partnerschaften, die seit dem Erstarken des Schweizer Frankens für die Exportnation Schweiz noch wichtiger geworden sind. Also, denken Sie bei der nächsten Autofahrt oder beim Schokoladengenuss daran. Es steckt in vielen Produkten ETH drin, auch wenn nicht zwingend ETH drauf steht.



Lino Guzzella ist seit 2015 Präsident der ETH Zürich und seit 1999 ordentlicher Professor für Thermotronik. Zwischen 2012 und 2014 war er Rektor der ETH.

Volle Fahrt voraus

Kein Spielzimmer, sondern Ausbildungsstätte:
Im Eisenbahnbetriebslabor der ETH Zürich lernen nicht nur Studierende ihr Handwerk, sondern auch Lernende der SBB.

TEXT Corinne Hodel BILD Oliver Bartenschlager



Berufswunsch Zugverkehrsleiter: Manuela Marty und Jonas Bühler sind fasziniert von der Bahn.

«Es freut mich, dass ihr alle pünktlich seid – trotz Schneetreiben», begrüßt Michael Fürer seine Klasse. Er muss es ja wissen. Der Zugverkehrsleiter hat in seinem Berufsalltag auch schon erfahren, wie das Wetter den öffentlichen Verkehr lahmlegen kann. Er arbeitet im Stellwerk Zürich Oerlikon und dirigiert dort drei Tage die Woche die Züge bis nach Effretikon oder Niederglatt. Die restliche Zeit bildet er angehende Zugverkehrsleitende aus. Heute ist er mit seiner Klasse an der ETH Zürich auf dem Campus Hönggerberg. Im Gebäude, in dem auch das Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme untergebracht ist, befindet sich im Keller das Eisenbahnbetriebslabor. Ein Raum ohne Tageslicht, der die Augen eines jeden Bähnlers dennoch zum Leuchten bringt.

Mehr als ein halber Kilometer Gleise schlängelt sich über die Modelleisenbahnanlage. Platz genug für Manuela Marty, Jonas Bühler und die anderen acht Lernenden,

sich auszutoben und Fallbeispiele aus ihrem Berufsalltag zu üben und durchzuspielen. Das Ziel des heutigen Besuchs an der ETH ist, das Hintergrundwissen zu festigen und den Normalbetrieb zu üben. Störungen kommen später. «Das würde über das Ziel hinaus schiessen», sagt Michael Fürer. Er ist mit seiner Klasse heute erst das vierte Mal im Eisenbahnbetriebslabor. Die Anlage gehört der ETH Zürich, doch die Verantwortlichkeiten für den Unterhalt teilt sich die Hochschule mit der SBB und mit Siemens.

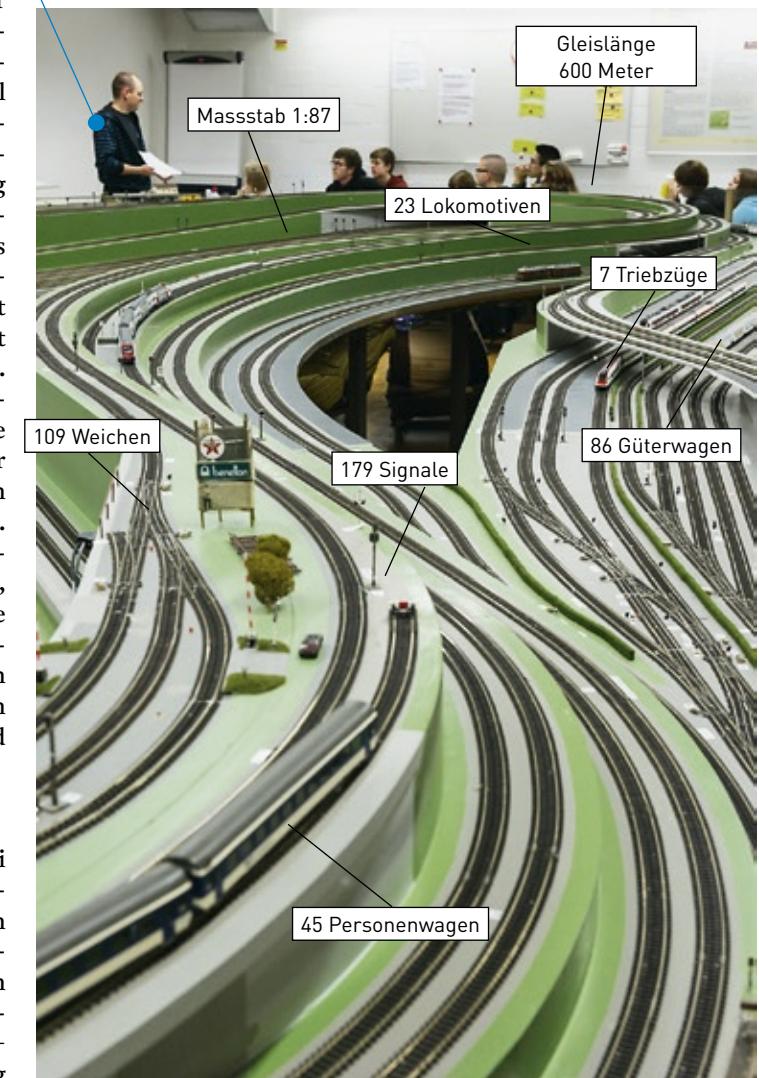
Manuela und Jonas kommen gerne ins Eisenbahnbetriebslabor. «In der Schule ist es leider recht trocken», meint Manuela. Und Jonas ergänzt: «Im Berufsalltag dürfen wir natürlich noch nichts alleine machen.» Hier aber dürfen sie eigenhändig hebeln, schalten, klicken – und dabei Fehler machen. «Hier müssen die Fehler passieren, die bei der Arbeit nicht passieren dürfen. So ist der Lerneffekt am Grössten», sagt ihr Lehrer Michael Fürer. «Erst wenn sie immer wieder dieselben Fehler machen würden, wäre ich unzufrieden.» Er ist insgesamt sehr nachsichtig mit seinen Schülern. Sie sind ja alle noch blutige Anfänger. Derzeit im dritten Lehrjahr als Kauffrau oder Kaufmann öffentlicher Verkehr mit Schwerpunkt Bahn, machen sie seit letztem Sommer erste Berührungen mit dem späteren Beruf des Zugverkehrsleiters. Durch den gewählten Schwerpunkt im dritten und letzten KV-Lehrjahr wird sich die Zusatzausbildung zum Zugverkehrsleiter von acht auf sechs Monate reduzieren – wenn sie die überhaupt in Angriff nehmen wollen. Manuela und Jonas mussten nicht lange überlegen. Die beiden sind sich jetzt schon sicher, dass sie nach Abschluss ihrer Lehre das halbe Jahr noch anhängen. «Mir gefällt das Technische am Beruf», sagt Manuela und dreht den Schalter, um eine Weiche zu stellen. «Den ganzen Tag vor dem Bildschirm sitzen und Briefe schreiben, das liegt mir nicht.»

Kein Computerspiel

Manuela arbeitet am Bahnhof Landquart bei der Rhätischen Bahn, Jonas in der Betriebszentrale Ost der SBB, die sich am Flughafen Zürich befindet. Doch heute für die Fahrplansimulation sind die beiden in Zetthausen stationiert, jener fiktive Bahnhof der Modellanlage, der das zweitälteste Stellwerk hat – eines aus den 1940er-Jahren. Die Bedienung einer solchen Anlage wird später nicht Teil

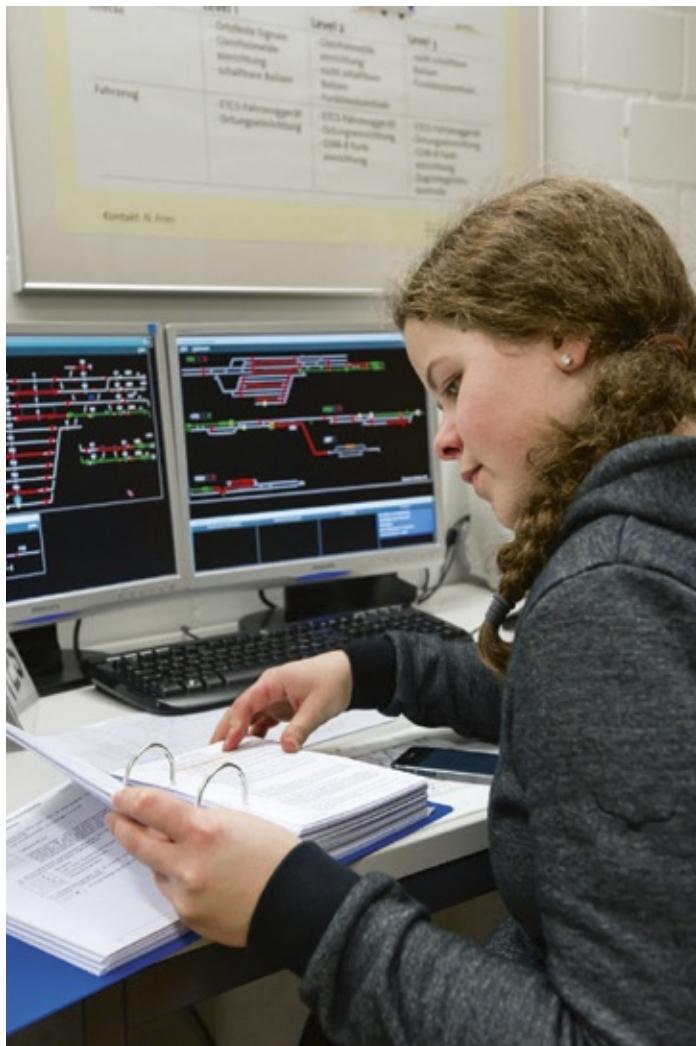
ihres Alltags sein, obschon es in der Schweiz noch immer vereinzelt Bahnhöfe mit solchen elektromechanischen Stellwerken gibt. Der Grossteil der Strecken wird heute hochmoderne gesteuert, alles elektronisch vom Computer aus. Musste früher der Bahnbetriebsdienstponent mit aller Kraft einen grossen Hebel in Bewegung setzen, um über Seilzüge draussen eine Weiche zu stellen, werden heute Weichen, Barrieren und Signale mit ein paar Mausklicks gelenkt. Deshalb geht es bei den Ausbildungstagen an der ETH auch immer darum, dass die Auszubildenden ein Gefühl dafür entwickeln, was draussen passiert, wenn sie am Computer hantieren. «Jeder rote Strich auf dem Bildschirm ist ein Zug mit

STATT HÖRSAAL
Auch die ETH Zürich nutzt das Eisenbahnbetriebslabor für ihre Lehre. Das Curriculum der Masterstudiengänge Raumentwicklung und Infrastruktursysteme sowie Bauingenieurwesen sieht bei der Vertiefung Verkehr praktische Übungen mit der Modelleisenbahn vor.



Michael Fürer ist Lehrer und Eisenbahner mit Leidenschaft.

«Wir haben einen Nullfehlerjob.»



Die Fahrdienstvorschriften müssen sitzen.

Passagieren», betont Furer. «Das ist kein Computerspiel.» Anhand der Modellanlage sehen die Lernenden ganz direkt, was sie bewirken. Nicht nur die Antriebe tönen beim Weichenstellen, auch die Relais-Schaltungen im Nebenraum klicken und klacken. Die Modellanlage fördert das Bewusstsein für den eigenen Aktionsradius.

Jonas, der in der Betriebszentrale Ost am Flughafen arbeitet, sieht dort im Zehnminutentakt Flugzeuge starten, nicht aber Züge ein- und ausfahren. Selbst der Hauptbahnhof Zürich wird vom Flughafen aus gesteuert. In einigen Jahren schon wird es nur noch vier SBB-Betriebszentralen geben: Neben jener am Flughafen noch je eine in Lausanne, Olten und Pollegio. Diese Entwicklung dürfte man-

chem ehemaligen Bahnhofvorstand, der einst auf dem Perron mit der Kelle die Züge dirigierte, das Herz brechen.

Doch der Modellbahnhof Zetthausen ist bedient – von Manuela und Jonas. Eigentlich ist schon bald Mittag an diesem Ausbildungstag, doch Furer hat die grossen Bildschirmuhren, die unübersehbar überall an der Wand hängen, auf 5.55 Uhr gestellt. In fünf Minuten beginnt die einstündige Fahrplansimulation. Furer könnte die Uhren auch schneller laufen lassen. Doch das ist nur im Training für Fortgeschrittene sinnvoll. Für die Lernenden ist das normale Tempo schon schnell genug. In einer Stunde werden die sechs Personen- und zwei Güterzüge gut 20 Minuten Verspätung haben – zumindest jene, die überhaupt noch fahren.

Doch Furer ist sehr zufrieden und vor allem in seinem Element. Jedes Missgeschick, jeden falschen Handgriff sieht er als Chance für die Lernenden, wieder einen wichtigen Aspekt zu lernen – und nicht mehr zu vergessen. Deshalb verzichtet er im Anschluss auf eine detaillierte Auswertrunde, bei der jeder Handgriff nachträglich analysiert wird. Viel lieber interveniert er im Moment und lässt Manuela und Jonas viel Zeit, die nächsten Schritte zu überlegen. Dass dabei die Pünktlichkeit im wahrsten Sinne des Wortes auf der Strecke bleibt, ist für ihn nebensächlich. Furer schafft den bemerkenswerten Spagat zwischen seinen beiden Funktionen: heute der nachsichtige und geduldige Lehrer, morgen der gewissenhafte und geschäftige Zugverkehrsleiter.

Gefühl für Disposition

Manuela und Jonas sind gefordert. Sie werden von Furer angefunkt. Auch das ein wichtiger Teil ihres Berufs, auch in Zeiten von Smartphones. Ein Zug endet ausnahmsweise in Zetthausen. Auf welchem der drei Gleise soll er abgestellt werden? Diese Situation haben die Auszubildenden am Vormittag geübt; sie war eine der vier Fallstudien. Michael Furer und die anderen beiden Ausbildnerinnen haben in Kleingruppen verschiedene Fragestellungen durchgespielt. Zetthausen ist ein besonders kniffliger Fall: Weil der Bahnhof keine Unterführung hat, gibt es keine ideale Lösung für die Aufgabenstellung. Denn wo immer ein Zug steht, muss damit gerechnet werden, dass Passagiere einsteigen wollen. Ohne Unterführung kann es immer zu ge-



Die Idylle trügt: Der Ausbildungstag an der ETH Zürich verlangt den Lernenden viel ab.

fährlichen Situationen kommen, wenn ein Zug auf einem Gleis abgestellt werden muss und auf den anderen Gleisen der Normalbetrieb weitergeht. «Die Modellanlage vermittelt ihnen das Gefühl für die Disposition», sagt Furer. Deshalb sind die Figürchen in der Modelllandschaft nicht einfach eine nette Dekoration für Liebhaber, sondern machen die Situation plastisch. Schliesslich dreht sich alles um die Sicherheit von Passagieren und Personal. Sich dieser Verantwortung bewusst zu werden, gehört auch zur Ausbildung. «Der Beruf des Zugverkehrsleiters ist ein Nullfehlerjob», sagt Furer.

Ein dicker Ordner mit allen Fahrdienstvorschriften sorgt dafür, dass auf den Schienen alles reibungslos abläuft. Die Ordner der Lernenden sehen noch ziemlich druckfrisch aus – im Gegensatz zum Exemplar ihres Lehrers. Noch suchen sie zaghaft nach Regeln und Symbolen. Der Umgang mit dem Register will geübt sein und deshalb kommt Furer immer wieder der Satz über die Lippen: «Schaut in eurem Ordner nach.» Vorkauen bringt seine Sprösslinge nicht weiter. Doch

auch Furer selber muss dranbleiben und die Vorschriften kennen. «Die Lernenden spornen mich zusätzlich an, à jour zu bleiben», sagt er. «Lernende ausbilden hält jung.»

Die erste Simulationsrunde ist vorbei. Furer will wissen, wie es seinen Schülern ergangen ist. Es stellt sich schnell heraus, dass es zu Verwirrungen kam, nicht weil zu wenig, sondern weil zu viel kommuniziert wurde. «Ihr müsst nur das wirklich Wichtige kommunizieren», fasst Furer zusammen. Was interessiert einen Bauarbeiter, was einen Lokomotivführer? Das sind Fragen, die sich ein Zugsverkehrsleiter stellen muss.

Auch wenn bei der Simulation einiges schiefgelaufen ist, Furer findet bei der Nachbesprechung viele lobende Worte. Fehler bezeichnet er als «schöne Situationen, bei denen ihr viel lernen konntet». Er weiss seine Lernenden zu motivieren. Und voller Tatkraft nehmen sie die nächste Simulation in Angriff. ○

Eisenbahnbetriebslabor:
→ www.ivt.ethz.ch/oev/eisenbahn

KEINE NOSTALGIE
Auch wenn heute hochmoderne Technik bei der SBB Einzug gehalten hat, steht noch an jedem dritten Bahnhof ein Stellwerk aus den 1960er-Jahren. Die Systeme sind enorm stabil und haben ein gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis. Vereinzelt sind sogar noch elektromechanische Stellwerke aus den 1940er-Jahren in Betrieb.



CONNECTED

1 Schulleitung

STABSÜBERGABE

Seit Anfang Januar ist die ETH-Schulleitung in neuer Formation tätig (im Bild v. l. nach r.): Robert Perich, Vizepräsident für Finanzen und Controlling; Sarah M. Springman, Rektorin; Lino Guzzella, Präsident; Roman Bouteiller, Vizepräsident für Personal und Ressourcen; und Detlef Günther, Vizepräsident für Forschung und Wirtschaftsbeziehungen. Die Stabsübergabe erfolgte feierlich am Weihanchtsapéro der Schulleitung im Dezember. ETH-Präsident Ralph Eichler überreichte nach fast acht Jahren Amtszeit den Stab symbolisch an den neuen ETH-Präsidenten Lino Guzzella. Der gemeinsame Apéro von Schulleitung und ETH-Angehörigen in der ETH-Hauptihalle liess keine Wünsche offen.

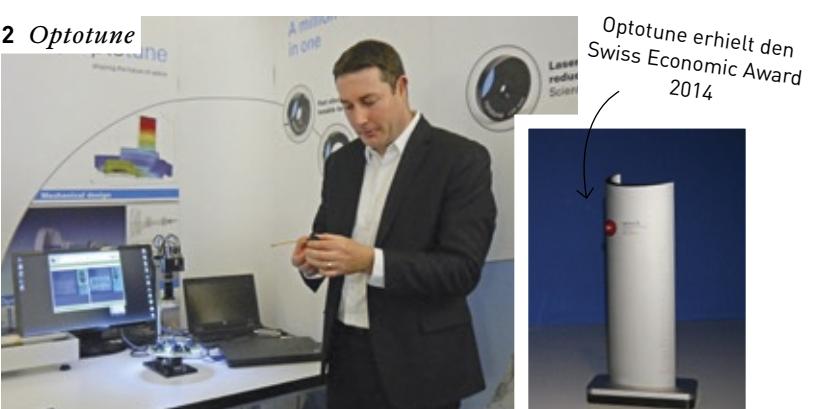
42

2 Optotune

ERFOLG MIT OPTISCHER LINSE

Das ETH-Spin-off Optotune – gegründet 2008 – hat es geschafft, das Auge in einem technischen System mit einer einzigen optischen Linse nachzuahmen. Die neuartigen Materialien sowie die Technologie dahinter sind einzigartig. Optotune ist deshalb weltweiter Marktführer bei bestimmten Komponenten und Produkten der adaptiven Optik. Grund genug für die Alumni Fachgruppe MAS MTEC, das Jungunternehmen zu besuchen. Nach einer Einführung durch den CEO und ETH Alumnus Manuel Aschwanden erhielten die Besucher Einblick in die Laboratorien und den Produktions-Reinraum, der normalerweise aus Gründen des Geheimnisschutzes nicht besichtigt werden kann.

1 Schulleitung



3 Landis+Gyr



4 Whisky-Seminar



5 Uhrenpionier



3 Landis+Gyr

ORTSTERMIN

ETH Alumni des Studiengangs MBA Supply Chain Management trafen sich zu einem Firmenbesuch bei Landis+Gyr in Zug. Das Unternehmen ist führend in der Herstellung von Messgeräten für Energie, Wasser und Wärme und bietet umfassende Energiemanagementslösungen an. Der Leiter des Supply Chain Management am Standort, Alumnus Matteo Birolini, führte durch moderne Produktionsräume, in denen die hochspezialisierten Produkte entstehen.

4 Bernhard & Risto's Whisky-Seminar

HOCHPROZENTIGES WISSEN

An zwei Winterabenden im Januar fand im Alumni-Pavillon das zweite Whisky-Seminar für ETH Alumni statt, das auf grossen Anklang stiess. Organisiert wurde es von den beiden ETH Alumni und Whiskyliebhabern Bernhard Leuenberger und Reto Schmid. Die beiden Freunde besuchen Schottland und seine Brennereien seit über zehn Jahren regelmässig und geben ihr Wissen gerne weiter.

43

5 Uhrenpionier

NIEMALS ZERBRECHEN

ETH-Alumnus Jack Heuer gehört zu den Grossen in der Geschichte der Schweizer Uhrenindustrie: Anfang Dezember besuchte er die ETH Zürich, wo er von 1952 bis 1957 zum «Elektroingenieur mit besonderer Ausbildung in Betriebswissenschaften und Fertigungstechnik» ausgebildet wurde. Im Gespräch mit Moderator Rolf Probala teilte er seine Erfahrungen als Unternehmer mit jungen ETH-Studierenden.

Agenda**EVENTS**

26.-29. März 2015

Challenge

Legendärer Wettstreit zwischen der ETH Zürich und der EPF Lausanne: Die Teilnehmer treten vier Tage lang in verschiedenen Disziplinen auf und neben der Skipiste gegeneinander an. Zudem gibt es aussergewöhnliche Abendveranstaltungen und Parties. Organisiert wird das Challenge abwechselnd von der ETH Zürich und der EPF Lausanne. Das Challenge-’15-Organisationskomitee besteht aus vierzehn Studierenden der EPF Lausanne, die von zwei Studierenden der ETH Zürich unterstützt werden. Das gesamte Engagement für diesen Anlass geschieht auf ehrenamtlicher Basis.

Alumni Club ChallengeX:
www.alumni.ethz.ch/association/clubs/challengex/

Allgemeine Infos zur Challenge:
www.challenge15.ch



Eine Aufnahme der Spiralgalaxie M74

Treffpunkt Science City**DAS UNIVERSUM**

15. bis 29. März 2015 Was geschah beim Urknall? Wie gross ist das Universum und wo endet es? Wird die Quantenphysik unser Weltbild revolutionieren? In der Frühlingsausgabe von Treffpunkt Science City schauen wir

tief ins Weltall. ETH-Forschende nehmen Sie mit auf eine Reise zum Ursprung des Seins, zu den Weltbildern der Menschheit und zu der Frage, woran wir morgen glauben. Und bei schönem Wetter ist ein Blick durch das Teleskop auf dem Hönggerberg möglich. Programm und Anmeldung:
www.treffpunkt.ethz.ch

Brain Fair 2015**DIE SINNE**

16. bis 21. März 2015 Die Sinne erlauben uns, mit der Welt in Kontakt zu stehen. Über Sinnesorgane werden Reize aus der Aussenwelt, aber auch aus unserem Körper aufgenommen und weiterverarbeitet. Die klassische Einteilung der Sinne unterscheidet fünf Modalitäten: Sehen, Hören, Riechen, Schmecken und Fühlen.
www.brainfair-zurich.ch

AUSSTELLUNGEN

31. März 2015 / 18.15–19.15 Uhr

Zwischen Hörsaal und Schützengraben

ETH-Angehörige im Ersten Weltkrieg: Materialien und Geschichten aus dem Hochschularchiv der ETH Zürich
 Öffentliche Abendführung
 ETH Bibliothek
www.ethz.ch/abendfuehrungen

Bis 29. März 2015

Drucke und Zeichnungen

Seit über zwanzig Jahren sammelt die Graphische Sammlung ETH Zürich Werke des amerikanischen Künstlers Matt Mullican. Als Höhepunkt der Ausstellung darf der 1993 erworbene Holzkasten mit 16 Kassetten gelten, die 554 Ölkreide-Frottagen, sogenannte Rubbings, enthalten. Diese umfangreiche Edition gibt Abbildungen der «Edinburgh Encyclopædia» (zwischen 1808 und 1830 erschienen) wieder.
 Graphische Sammlung, ETH Zürich
www.gs.ethz.ch

21. April & 19. Mai 2015 / 18.15–19.15 Uhr

In den Untergrund der ETH

Entdecken Sie das dynamische Erdspiechersystem auf dem Campus Hönggerberg, das Abwärme optimal nutzt.
 Piazza ETH Hönggerberg bei der Informationstafel
www.ethz.ch/abendfuehrungen

2./5./6. Juni 2015 / 19.30 Uhr

Alumni Sinfonieorchester Frühlingskonzert 2015

Anton Bruckner: Sinfonie Nr. 8, c-moll
 Leitung: Johannes Schlaefli
 Steinerschule Wetzikon (2. Juni)
 Stadtcasino Basel (5. Juni)
 Tonhalle Zürich (6. Juni)
www.alumniorchester.ch

15. April bis 21. Juni 2015

Dan Graham – mit einer Intervention von Günther Vogt

Dan Graham zählt seit den 1960er-Jahren zu den einflussreichsten Protagonisten der Konzeptkunst. Zu seinen jüngsten Werken gehört die Gestaltung des «Roof Garden» auf dem Metropolitan Museum in New York, die in Kooperation mit dem Landschaftsarchitekten und ETH-Professor Günther Vogt entstand. Dan Graham und Günther Vogt präsentieren nun eine weitere Zusammenarbeit.
 ETH Hönggerberg, HIL-Gebäude, gta Ausstellungen
www.gta.arch.ethz.ch/ausstellungen

**Buchtipps****MEILENSTEINE DER RECHENTECHNIK**

Das Titelblatt von Herbert Bruderers neuem Buch zeigt eine äusserst selte-ne mechanische Rechenmaschine aus dem 19. Jahrhundert, die 2014 in der Sammlung Sternwarte der ETH-Bibliothek Zürich (wieder-)entdeckt wurde. Gebaut hat sie Jean-Baptiste Schwilgué, Schöpfer der astronomischen Uhr des Strassburger Münts-ters. Bruderer beschreibt in seinem Werk neue Funde aus Deutschland, Österreich, aus der Schweiz, aus Liechtenstein und Frankreich. Zur Sprache kommt auch die Frühzeit der Informatik in der Schweiz: die Zuse-Maschine Z4 an der ETH Zürich (1950 einzige kontinentaleuropäi-sche Universität mit einem funktions-tüchtigen Computer), die Ermeth (erster Schweizer Computer) und der in Deutschland im Auftrag der Zürcher Firma Remington Rand entwi-ckelte Zuse-Rechenlocher. In der um-fangreichen Bibliographie werden die Funde aus dem Archiv der ETH Zü-rich detailliert kommentiert.

Ingenieurwissen im Kopf, Handel im Blut

So kennt ihn die Schweiz: Dipl. Ing. Fust – die Adresse für Haushaltgeräte im Discounthandel. Dass der Mann dahinter Unternehmer im Bereich Werkzeugmaschinenbau ist, wissen wenige.

TEXT Martina Märki BILD Daniel Winkler

Der Vater hätte den Sohn lieber als Elektriker gesehen. Doch dass er später einmal an der ETH studieren wollte, war dem Jungen, der aus einfachen Verhältnissen stammte, schon klar, als er seine Eltern davon überzeugte, ihn aufs Gymnasium zu lassen. Schon als 16-Jähriger verdient sich der Gymnasiast ein gutes Taschengeld mit dem Handel mit Occasionsmopeds. Mit 19 befasst er sich erstmals mit der Börse und kauft erste Aktien – «nicht immer, aber überwiegend erfolgreich», erzählt Walter Fust. «Das Handeln liegt mir im Blut», sagt der heute 73-Jährige, «aber ich bin immer auch Ingenieur gewesen.»

Der Händler

Die Firma Fust, später Dipl. Ing. Fust AG, gründete der umtriebige Jungunternehmer 1966 nach dem Maschinenbaustudium an der ETH, das er schnellstmöglich absolvierte. Nicht, weil es ihn nicht interessiert hätte – «ich habe an der ETH Maschinenbau studiert aus Überzeugung und Berufung», sagt er von sich –, sondern weil er das Studium selbst finanzieren musste. Womit? Durch den Versandhandel mit Elektro-Haushaltgeräten, den er während des Studiums nebenbei betrieb. Einen Tag in der Woche widmete er der Einfuhr günstiger Geräte aus Deutschland, die er in der Schweiz über Kleinanzeigen in Zeitungen verkaufte. «Und ich habe nicht schlecht davon gelebt», versichert Fust lachend, «das war eine tolle Zeit!» Sogar ein schnittiges Auto konnte er sich leisten, das er jeweils direkt vor dem ETH-Maschinenlaboratorium parkte, «dort, wo man heute höchstens noch ein Fahrrad abstellen kann». Die Erfahrungen, die er während der ETH-Zeit

mit seinem kleinen Nebenbei-Versandhandel gemacht hatte, kamen ihm bei der Unternehmensgründung sehr zugute. Das erste Geschäftsjahr 1967 brachte bereits einen Jahresumsatz von 1,5 Millionen Franken. Von da an wuchs die Firma stetig.

Mit der Weiterentwicklung seines Discountunternehmens im grossen Stil machte sich Fust dann erst einmal wenig Freunde. Der damals in der Schweiz nahezu kartellartig organisierte Handel mit Elektrogeräten reagierte aufgeschreckt bis gehässig. «Es gab die Verbände der Elektroinstallateure und der Sanitäre, die hatten alles in den Händen», erinnert sich Fust. «Ich war ein Preisbrecher und wurde teilweise von Zulieferern regelrecht boykottiert.» Doch Fust baute seinen Discounthandel unbeirrt aus, auch mit der Übernahme von Konkurrenzfirmen. Bald zeugten Filialen in der ganzen Schweiz von seinem unternehmerischen Talent. In seinem luxusfreien Büro im Sitz der Fust AG im bernischen Niederwangen, zu dem man gelangt, wenn man den Fust-Laden über zwei Etagen zwischen Kühlschränken, Staubsaugern und Badausstattungen durchquert hat, hängt heute noch eine wandfüllende Schweizerkarte. Bunte Stecknadeln markieren existierende und einmal geplante Fust-Projekte. «Die ist dreissig Jahre alt – heute rede ich der Fust AG nicht mehr rein», versichert der Firmengründer.

Der Bauherr

Es fällt schwer, das zu glauben, wenn man die Geschichte der Fust AG weiter Revue passieren lässt. Die Firma erweiterte ihr Sortiment, es kamen der Handel mit Kleingeräten >

ZUR PERSON Walter Fust

- Geboren 1941
- Aufgewachsen in Uzwil SG
- Studium Maschinenbau an der ETH Zürich 1960–1964
- 1966 Gründung der Firma Fust
- Ab den 1980er-Jahren wachsendes Engagement in der Maschinenindustrie
- Aufbau der Starrag Group und Beteiligung an weiteren Firmen wie Tornos



«Ingenieure allein – das sind manchmal gefährliche Leute.»

AKTIVITÄTEN

- Firma Fust:**
- Gegründet durch Walter Fust 1966
 - Schweizer Fachgeschäfts-kette für Elektrohaushaltsgeräte und Unterhaltungselektronik sowie Küchen- und Badezimmerrenovationen
 - In der ganzen Schweiz über 160 Filialen und rund 2000 Mitarbeitende
 - Seit 2007 eigenständig auftretende Tochtergesellschaft der Coop Gruppe

- Starrag Group:**
- Walter Fust übernimmt Ende 1980er-Jahre die Stimmen- und Kapitalmehrheit der Firma Starrag
 - 1992 wird er VR-Präsident
 - 1998 Zukauft der Heckert-Werke in Chemnitz
 - 2005 Übernahme der SIP
 - Weitere Firmen, die in die Starrag Group integriert werden: Berthiez, Bumotec, Dorries, Droop + Rein, Scharmann, TTL, WMW.
 - Unternehmen der Starrag Group entwickeln und liefern weltweit Bearbeitungszentren und flexible Fertigungssysteme für kleine, mittlere und grosse Werkstücke.

48

und der Küchenbau hinzu, 1989 auch noch der Handel mit Unterhaltungselektronik. Und es entwickelte sich eine rege Immobilienaktivität. «Detailhandel heißt immer auch Standorte. Wir haben schon sehr früh wichtige strategische Immobilien gekauft oder selbst gebaut», erläutert Fust. 1994 erfolgte, für manche überraschend, der Verkauf an Jelmoli. «Mir war zu diesem Zeitpunkt klar, dass die Firma für einen Eintritt in den europäischen Markt zu klein war», begründet Fust diesen Schritt. Außerdem habe keines von seinen drei Kindern Interesse an der Firma gehabt.

Fust wurde zweitgrößter Jelmoli-Aktionär. Der Konzern steckte jedoch in Schwierigkeiten und zwei Jahre später bot man Fust den Rückkauf der Dipl. Ing. Fust AG an. «Die Lösung sah dann anders aus: Ich kaufte das gesamte Jelmoli-Aktienpaket des Mehrheitsaktionärs UTC und wurde damit selbst Mehrheitsaktionär des Jelmoli-Konzerns.» Unter Fusts Leitung baute man den Warenhauskonzern in einen Immobilienkonzern um. In dieser Zeit entstanden zum Beispiel die grossen Shoppingcenter beim Fussballstadion von Servette in Genf und beim Stadion in St. Gallen mit Walter Fust als Bauherrn – Projekte, an die sich Fust gerne erinnert. Im Zuge der Neuausrichtung der Jelmoli-Holding wurde die Dipl. Ing. Fust AG 2007 an Coop verkauft.

Der Ingenieur

Walter Fust hatte sich inzwischen anderen Interessen zugewendet. Denn eingeschlafen war die Liebe zum Maschinenbau nie. «Mich hat die Maschinenindustrie immer interessiert und ich habe mich in all den Jahren immer informiert», betont der ETH-Absolvent. Bereits Mitte der 1970er-Jahre hatte er begonnen, Aktien der Firma Starrag zu kaufen. Über diese Firma, die damals weltweit tätig war und sogenannte Kopierfräsmaschinen herstellte, hatte er schon als Gymnasiast einen Vortrag gehalten. «Die Unterlagen von diesem Vortrag habe ich heute noch», sagt Fust und legt ein vergilbtes, sauber beschriebenes und mit technischen Zeichnungen versehenes Papier auf den Tisch. 1988 wurde Fust VR-Präsident bei Starrag, in einer Zeit, als es der Firma überhaupt nicht gut ging. «Eigentlich habe ich mich mit Hilfe meines Aktienpakets regelrecht reingedrängt», sagt er rückblickend. Er habe es nicht mitansehen

können: «Die Bude hat man damals regelrecht runtergewirtschaftet.» Die Firma, die in den besten Jahren über 1000 Mitarbeiter gezählt hatte, bestand nur noch aus 200 Angestellten. Zu ingenieursorientiert seien Entscheide gefällt worden und mit zu wenig wirtschaftlichem Denken, so Fusts Analyse.

Das wollte er ändern. Unter seiner Führung galt von da an: «Spielereien können wir uns nicht leisten.» Der Unternehmer sorgte auch für eine gute Kapitalgrundlage und es gelang ihm, der Firma wieder Schwung zu geben. In Chemnitz in Deutschland übernahm er einige Jahre nach der Wende mit Heckert eine weitere Firma im Bereich Werkzeugmaschinenbau, auch dies eine Firma mit gutem traditionellem Namen, aber in desolater Situation und praktisch konkursreif. «Ein wohlüberlegtes Wagnis» nennt Fust diesen Schritt. Er legte damit den Grundstein für die heute existierende Starrag Group mit weltweiter Ausrichtung.

Der weitere Ausbau erfolgte oft nach bewährtem Muster. Fust beobachtete Firmen mit gutem Namen langfristig und übernahm als kontrollierender Aktionär, wenn es ihnen schlecht ging. So beispielsweise auch bei SIP, einem weiteren Traditionsunternehmen des Werkzeugmaschinenbaus, das er schon in seiner ETH-Zeit kennengelernt hatte. «Irgendwann musste ich sagen, die machen es einfach nicht gut: Schöne Firmen, gute Namen, und jetzt wirtschaften die das runter – da hab ich mich eben engagiert.» Engagieren muss man sich mit Herzblut, mit Ingenieursverstand – und einem Sinn für den Handel, ist sein Credo. «Ingenieure allein – das sind manchmal gefährliche Leute», sagt Fust. Zu wenig Geschäftssinn.

Andererseits schätzt er solides technisches Wissen. Das werde heute in den Schulen viel zu wenig vermittelt. Dass an der ETH der Maschinenbau wieder einen hohen Stellenwert hat, freut ihn. Als Unterstützer der Pioneer Fellowships und Mitbegründer von Inspire, dem Technologie-Transfer-Zentrum, das auf Initiative der ETH Zürich und der Schweizer Industrie gegründet wurde, hat er regelmässig Kontakt mit jungen ETH-Köpfen und ihren Ideen. «Wir haben einige Leute in der Entwicklung bei uns, die wir auf diesem Weg kennengelernt haben», sagt Fust. ○

Zeig, dass du uns magst

www.facebook.com/eth
www.twitter.com/eth
www.youtube.com/ethzurich
www.ethz.ch/linkedin



ABACUS version internet **vi**

ABACUS Business Software goes mobile

ABACUS bringt Bewegung in Ihr Business. AbaSmart, die App für das iPad, informiert Sie schneller, macht Sie und Ihre Mitarbeiter effizienter und flexibler:

- > Unterwegs Leistungen, Spesen, Stunden erfassen, Rapporte ausfüllen, Adressen und Projektdaten bearbeiten und sofort mit der Software in Ihrem Unternehmen synchronisieren
- > Überall und jederzeit Stammdaten und Standardauswertungen einsehen

www.abacus.ch/links/mobile

ABACUS
business software



5 FRAGEN

Reto Knutti sucht als Klimaforscher häufig den Austausch mit der Öffentlichkeit.
«Ich habe mich nie im Elfenbeinturm gefühlt.»

1 Wie war Ihre erste Begegnung mit der ETH Zürich?

Es war nicht Liebe auf den ersten Blick. Ich kam als Gymnasiast an eine Informationsveranstaltung und war danach überzeugt, dass das mein erster und letzter Besuch war: Die ETH war mir zu gross und zu elitär. Heute besuche ich mit «ETH unterwegs» Mittelschulen, um jungen Menschen die Möglichkeiten eines ETH-Studiums und der Naturwissenschaften aufzuzeigen. Ich vergleiche die ETH oft mit einer Grossstadt: Auf den ersten Blick scheint sie wenig einladend. Sobald man aber ihre Vielfalt kennt, lässt sie einen nicht mehr los.



Reto Knutti ist Professor für Klimaphysik am Departement Umweltystemwissenschaften. → www.iac.ethz.ch

2 Was zeichnet einen guten Lehrer aus?

Wenn uns eine Melodie begeistert, können wir uns ohne Mühe daran erinnern. Eine neue Telefonnummer hingegen können wir kaum auswendig lernen, weil es kaum Verbindungen zum Bekannten gibt. Fakten ohne Kontext sind ohne Bedeutung. Deshalb geht es immer weniger darum, den Studierenden möglichst viel Wissen zu vermitteln, sondern darum, ihre Neugierde zu wecken. Natürlich brauchen die Studierenden ein Grundwissen. Aber sie müssen vor allem lernen, Informationen kritisch zu hinterfragen, in einen grösseren Kontext zu

mehr entstanden viele dieser Gedanken spontan während Kaffeepausen.

4 Wo brechen Sie aus dem Elfenbeinturm aus?

Ich habe mich nie im Elfenbeinturm gefühlt. Dieses Bild steht für eine veraltete Haltung der Wissenschaft, die sich als unantastbar sieht und nicht an der öffentlichen Debatte teilnimmt. Bei gesellschaftsrelevanten Themen wie Klima und Umwelt macht das keinen Sinn. Die Herausforderungen können hier nur im Dialog mit der Gesellschaft angepackt werden. Deshalb suche ich den Kontakt zu Studierenden, zu den Medien, ich schreibe Blogbeiträge und halte Vorträge. Wir versuchen auch neue Formen der Kommunikation zu nutzen, wie etwa die Werkstattgespräche, die wir als Videos ins Internet stellen.

5 Aus welchem Fehler haben Sie am meisten gelernt?

Ich würde es nicht als Fehler bezeichnen, sondern mehr als Korrektur meines Weltbildes: Als Student dachte ich oft, dass man zum Experten wird, wenn man lange genug von Dozenten lernt. Aber das Leben ist ein konstanter Lernprozess, der wie die Persönlichkeitsentwicklung nie beendet ist.
— Aufgezeichnet von Felix Würsten



**Everybody's talking about secure and reliable IT networks.
When will you join the conversation?**

Contact us if you want to learn more about our Mission Control Security Services or if you want to join our team and make a difference in your professional life. www.open.ch



Problem?

Kein Problem: Zühlke löst gerne komplexe Businessprobleme – in den Bereichen Produkt- und Software-Engineering, Managementberatung und Start-up-Finanzierung. Deshalb suchen wir Talente, die lieber den Weg der besten Lösung als den des geringsten Widerstands gehen. Kein Problem für dich? Wir freuen uns auf deine Bewerbung.