



WSS

WERNER SIEMENS-STIFTUNG

Was wir fördern

Report 2017





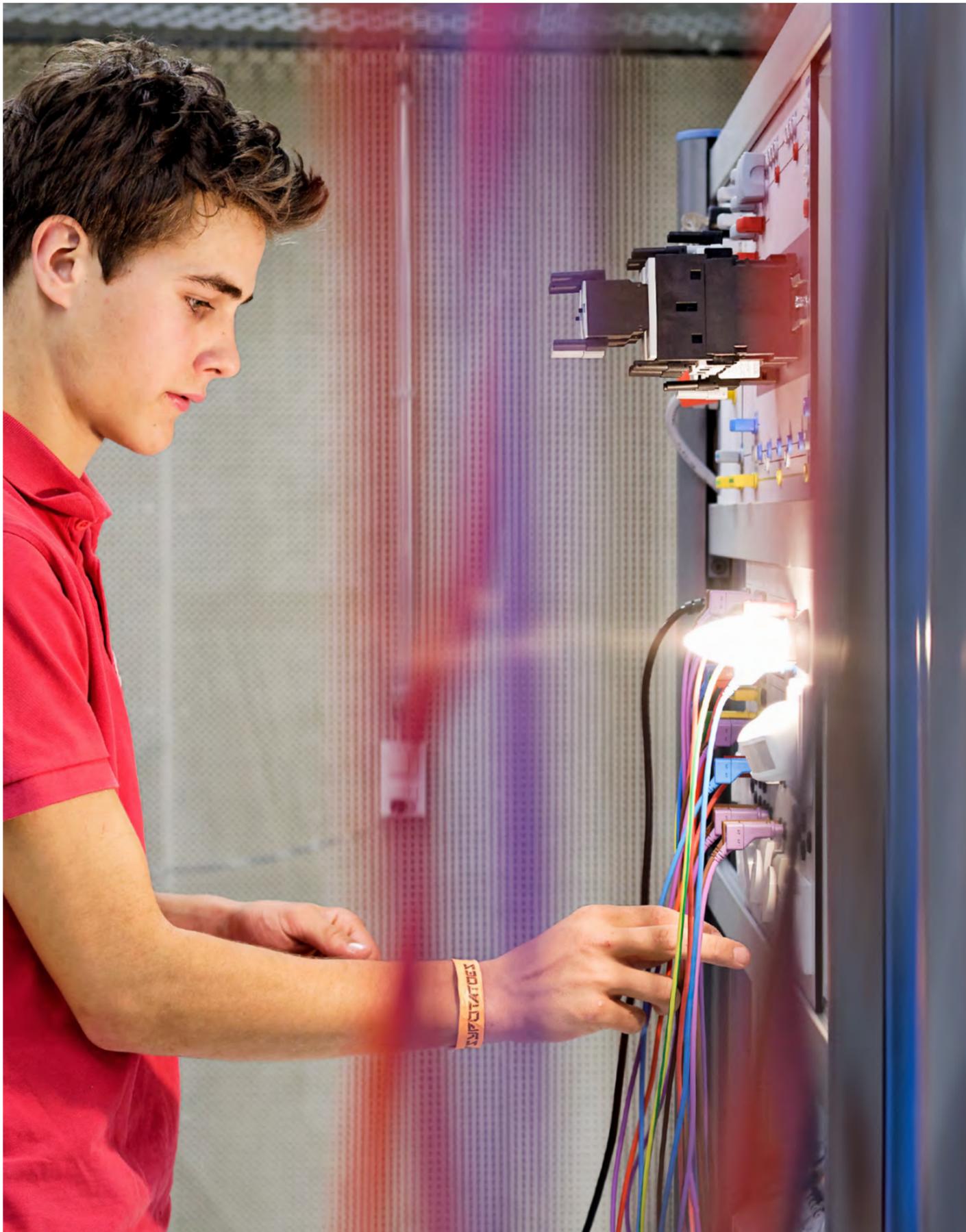
Meeres- und Klimaforschung



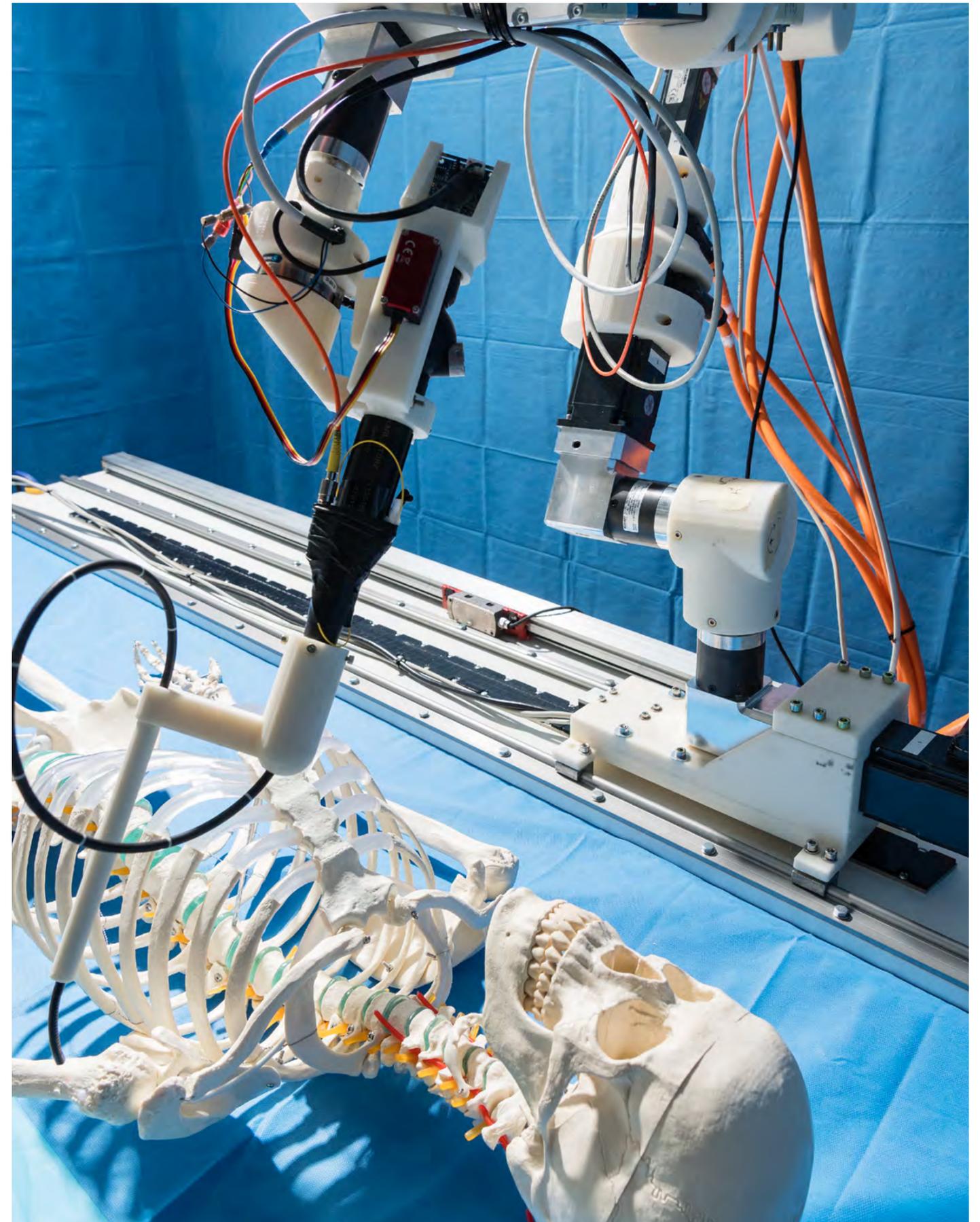
Der Mikrochip von morgen



Energie aus dem Erdinnern



Unterstützung der technischen Berufsbildung



Knochen mit Laser operieren





Wir fördern Innovationen in Technik und Natur- wissenschaften

Die Werner Siemens-Stiftung unterstützt pionierhafte technische und naturwissenschaftliche Projekte in Forschung und Lehre an Universitäten und Hochschulen vornehmlich in Deutschland und in der Schweiz, die höchsten Ansprüchen genügen und zur Lösung relevanter Probleme unserer Zeit beitragen. Sie finanziert die Startphase dieser innovativen Projekte mit namhaften Beträgen – mit dem Ziel, dass die angeschobenen Projekte nach ein paar Jahren eigenständig weiterlaufen oder die daraus resultierenden Innovationen industriell genutzt werden. Zudem fördert die Werner Siemens-Stiftung Initiativen in den Bereichen Erziehung, Ausbildung und Nachwuchsförderung, insbesondere in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik, Medizin und Pharmazie.

Vorwort

«Was ist eigentlich so innovativ an dem Geothermie-Projekt, das ihr finanziell unterstützt?», fragte letztlich eine Ururenkelin des Firmengründers Werner Siemens. «Dass Geothermie das Potenzial hat, die Energieprobleme der Welt zu lösen», war unsere Antwort.

Es mag verwegen klingen, doch es ist genau das, was die Werner Siemens-Stiftung seit mehr als zehn Jahren fördert: Projekte, die drängende Probleme unserer Zeit angehen und das Potenzial haben, industriell verwertbare Lösungen zu erschaffen.

Bisher kommunizierten wir unsere Stiftungstätigkeit nur sehr zurückhaltend. Das soll sich nun ändern, denn wir finanzieren sehr viel Gutes und Sinnvolles – und darüber soll man bekannt-

lich auch sprechen. In Zukunft werden wir jährlich einen Report herausgeben, in dem attraktiv und verständlich aufgezeigt wird, welche Projekte die Werner Siemens-Stiftung unterstützt – unseren ersten Report 2017 halten Sie nun in der Hand. Er ist vor allem an Sie gerichtet, liebe Nachkommen von Werner und Carl von Siemens. Zusätzlich wollen wir damit aber auch weitere interessierte Kreise über unsere Stiftungstätigkeit informieren.

Dass wir von der Werner Siemens-Stiftung überhaupt in der Lage sind, innovative Projekte zu fördern, ist der Weitsicht von Marie von Graevenitz und Charlotte von Buxhoeveden zu verdanken. Die beiden Töchter von Carl von Siemens haben im Jahr

1923 die Werner Siemens-Stiftung gegründet. Einen Einblick in die spannende Geschichte der Stiftung erhalten Sie ab Seite 104.

Wie Pioniergeist heute aussieht, das erfahren Sie auf den folgenden Seiten. Tauchen Sie ein in die innovativen Projekte, die wir aktuell unterstützen – Sie werden staunen.

Wir wünschen Ihnen eine anregende Lektüre.

Gerd von Brandenstein
Vorsitzender des Stiftungsrates

Hubert Keiber
Obmann des Kuratoriums

Inhalt

Was wir fördern

14 Innovationen in Technik und
Naturwissenschaften

16 Vorwort

Unterstützte Projekte

23 Revolutionärer Atomschalter

37 Energie aus dem Erdinnern

51 Kleine Organismen ganz gross

67 Das reinste Schiff

83 Offener Geist

96 Knochen mit Laser operieren

98 Energiewende im Wallis

100 Der Scan von morgen

Wer wir sind

104 Die Stiftungsgründerinnen

106 Die Werner Siemens-Stiftung

108 Die Gremien

109 Förderkriterien

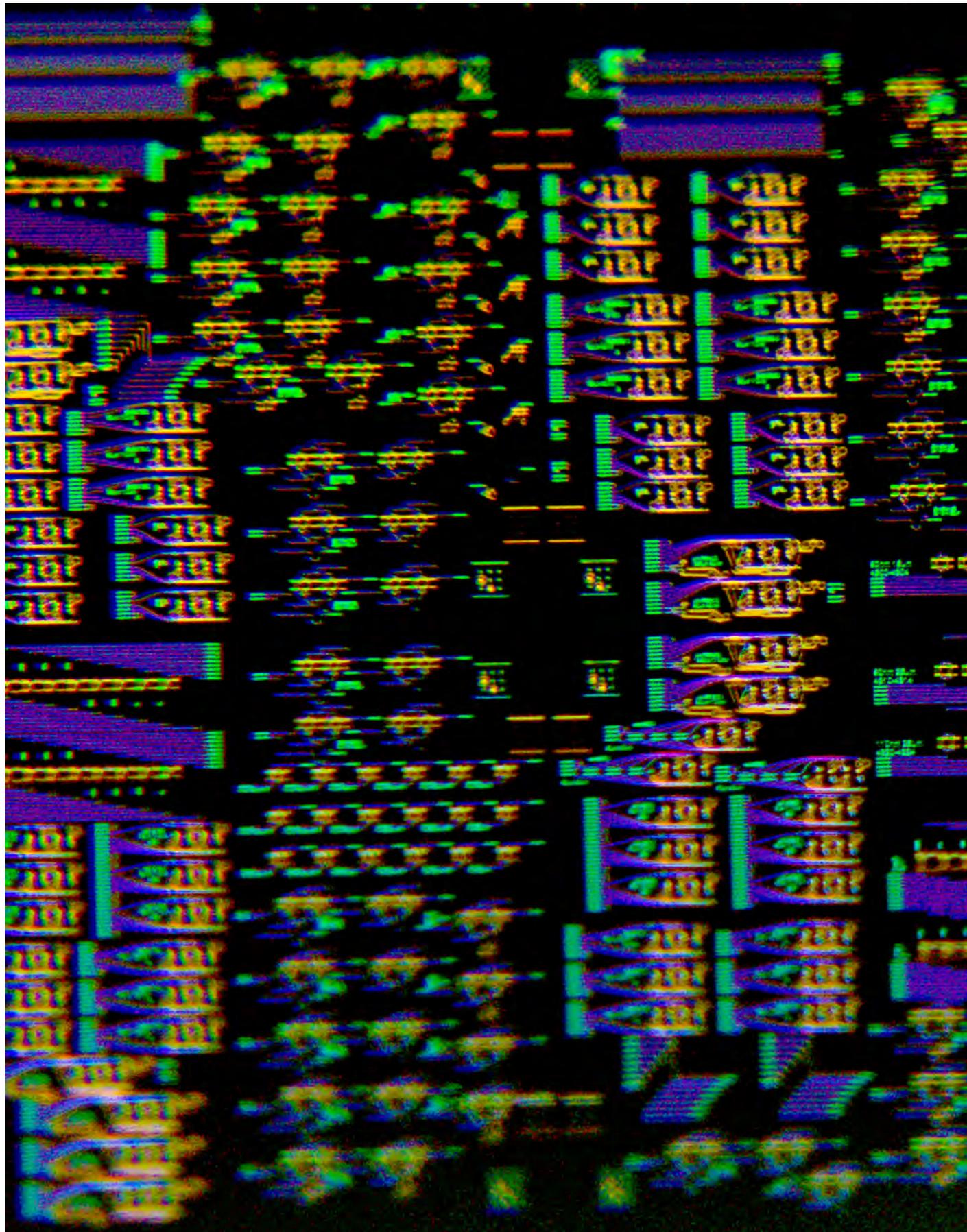
110 Drei Fragen an Germain Mittaz

112 Impressum

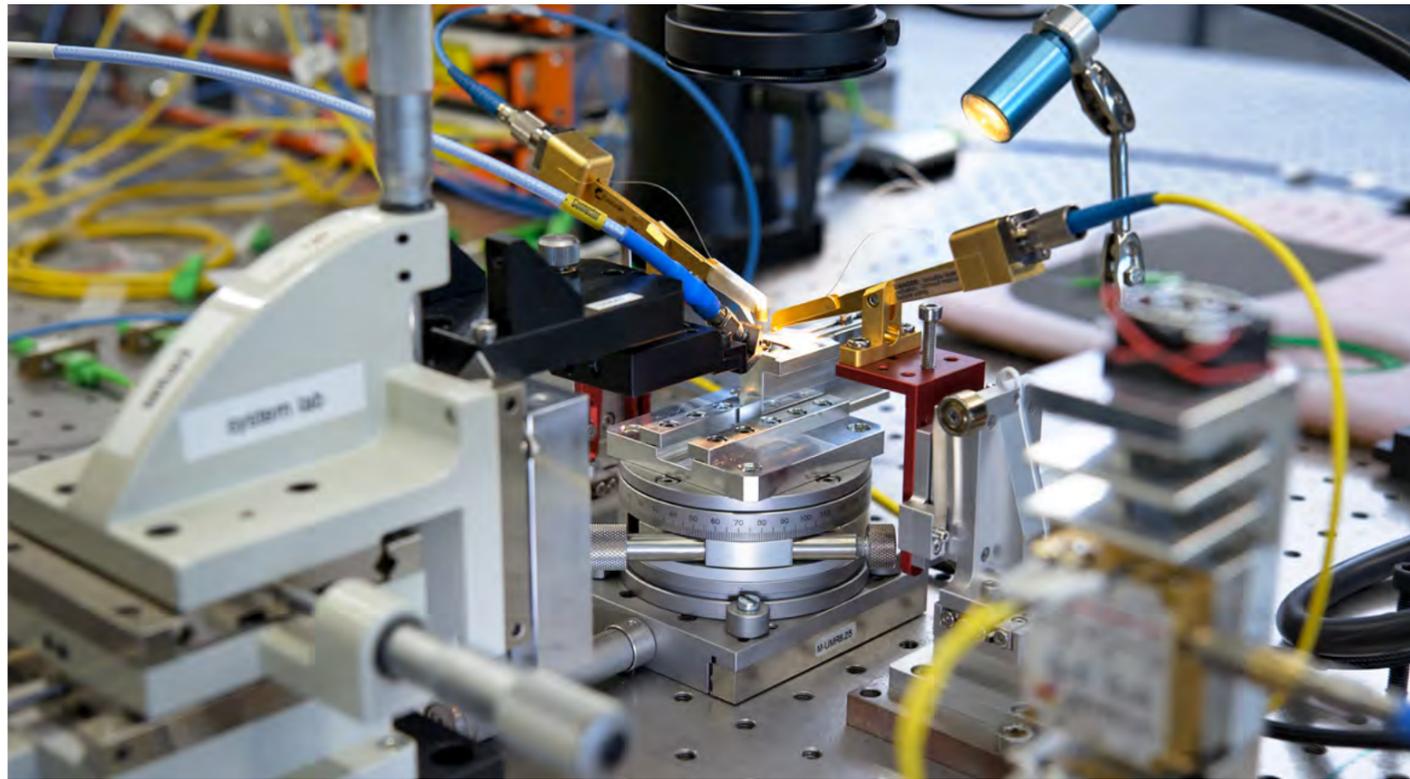
Unterstützte Projekte

Revolutionärer Atomschalter

Der Mikrochip von morgen



Die blau-grünen Pixel mögen eingefleischte Gamer an die Computerspiele aus den Achtzigerjahren erinnern. Doch auf dem Bild sind nicht Space Invaders zu sehen, sondern das Innenleben der völlig neuartigen nächsten Generation Mikrochips.



Alles ist winzig: Die haardünnen Lichtleitfasern über den gelben Greifarmen schalten die neuartigen Chips (Mitte) ein und aus.

Der Mikrochip von morgen

100-mal kleiner und 100-mal energiesparender: So könnten die Mikrochips von morgen beschaffen sein. Die ETH Zürich und das Karlsruher Institut für Technologie forschen an einer grundlegend neuen Art von Mikrochips. Die Werner Siemens-Stiftung unterstützt sie darin mit dem Aufbau eines «Zentrums für Einzelatom-Elektronik und -Photonik». Daraus könnte sich das nächste Silicon Valley entwickeln – mitten in Europa.

Von der Kaffeemaschine bis zum Grossrechner – Mikrochips sind in praktisch jedem technischen Gerät zu finden. Die Halbleiterindustrie hat in den vergangenen Jahrzehnten grosse Fortschritte erzielt: Die Chips wurden immer kleiner und schneller. Entsprechend tragen wir Rechner, die früher ganze Räume füllten, heute in der Hosentasche. Doch mittlerweile stösst die Miniaturisierung an ihre Grenzen. Denn je kleiner die Bauteile der Chips werden, desto weniger effizient arbeiten sie – immer mehr Energie geht durch Leckströme und Abwärme verloren.

Energetisch effizienter

«Wir brauchen für die Zukunft noch kleinere, aber effizientere Chips. Um dieses Ziel zu erreichen, ist eine grundsätzlich neue Technologie gefragt», ist Professor Jürg Leuthold überzeugt. Er leitet das Institut für Elektromagnetische Felder an der ETH Zürich und will mit seiner Forschung die Halbleiterindustrie revolutionieren. Gemeinsam mit Professor Thomas Schimmel vom Karlsruher Institut für Technologie und Professor Mathieu Luisier von der ETH Zürich will er die Grundlagen für die Chips von morgen legen. Das Ziel: 100-mal kleiner und 100-mal energiesparender – bei mindestens gleich schneller Datenverarbeitung.

Tanzende Einzelatome

Die Forschenden haben ein Bauteil für Mikrochips entwickelt, das nur noch zehn Nanometer gross ist und – das ist fundamental neu daran – auf der Ebene einzelner Atome funktioniert. Ein solches Nano-Bauteil besteht aus einem Silber- und einem Platinplättchen, die sich an einer Stelle

bis auf einen winzigen Spalt annähern: Mit einer minimalen elektrischen Spannung wird ein einzelnes Atom zwischen den beiden Plättchen verschoben, was ein digitales Signal erzeugt (vgl. Grafik Seite 28). Von diesem Prinzip ist der Name abgeleitet: Einzelatom-Technologie.

In den Rechnern der Zukunft sollen also Millionen von einzelnen Atomen tanzen und so Informationen übertragen. Das Prinzip erinnert an das menschliche Gehirn mit seinem Feuerwerk an Neurotransmittern und Ionen, die zwischen den Milliarden von Nervenzellen hin und her schießen. «Das menschliche Gehirn vollbringt mit sehr geringem Energieverbrauch eine enorme Rechenleistung. Mit der Einzelatom-Technologie wollen wir ähnlich effiziente Strukturen schaffen», sagt Jürg Leuthold.

Erstaunliche Alleskönner

Das neue Nano-Bauteil, das derzeit in Zürich und Karlsruhe entsteht, ist ein Alleskönner. Es kann Prozesse ein- und ausschalten und ist damit in allen elektronisch gesteuerten Geräten einsetzbar. Gleichzeitig kann es Daten verarbeiten und speichern. «Es ist der kleinstmögliche Speicher, den man sich vorstellen kann», sagt Jürg Leuthold. «Wir bewegen uns damit an den Grenzen der Physik.»

Doch damit nicht genug. Der Winzling ist auch ein Modulator, der elektrische Signale in Lichtsignale umwandeln kann und umgekehrt. Das ist für die Datenübertragung in optischen Glasfaserkabeln äusserst nützlich: Die Nano-Bauteile können beim Sender die elektrischen Signale etwa aus Handy und Computer in optische (photonische) Signale umwandeln und beim Empfänger wieder zurückverwandeln.

Werden die Nano-Bauteile millionenfach parallelgeschaltet, könnten sie massgeblich dazu beitragen, die ständig wachsende und mit immer höherer Geschwindigkeit übertragene Datenmenge im Internet zu bewältigen.

Asien steht vor der Tür

Der Forschungsverbund zwischen Zürich und Karlsruhe nennt sich neu «Zentrum für Einzelatom-Elektronik und -Photonik». Die beteiligten Forschungsgruppen sind prädestiniert für ihre Aufgabe. Thomas Schimmel ist einer der Pioniere auf dem Gebiet der elektronischen Schaltungen auf atomarer Ebene. Und Jürg Leuthold konnte in seiner bisherigen Forschung zeigen, dass auch photonische Schaltungen auf atomarer Ebene möglich sind. Zudem vermochte er als Erster, sowohl optische als auch elektrische Schaltelemente auf demselben Chip zu platzieren.

Es verwundert deshalb nicht, dass die asiatische Halbleiterindustrie bei Jürg Leuthold angeklopft und grosses Interesse an seinen Entwicklungen bekundet hat. Der Zürcher Professor hat jedoch ein anderes Ziel vor Augen: «Das nächste Silicon Valley soll in Europa entstehen. Dank der Unterstützung der Werner Siemens-Stiftung können wir eine Führungsrolle in der Halbleiterelektronik von morgen übernehmen.»

Mit den Mitteln der Stiftung kann das «Zentrum für Einzelatom-Elektronik und -Photonik» unter anderem vierzehn Doktorierende und Postdoktorierende anstellen und zusätzliche Geräte zur Analyse und Optimierung der Nano-Bauteile anschaffen.

Auf dem Weg zur Produktionsreife

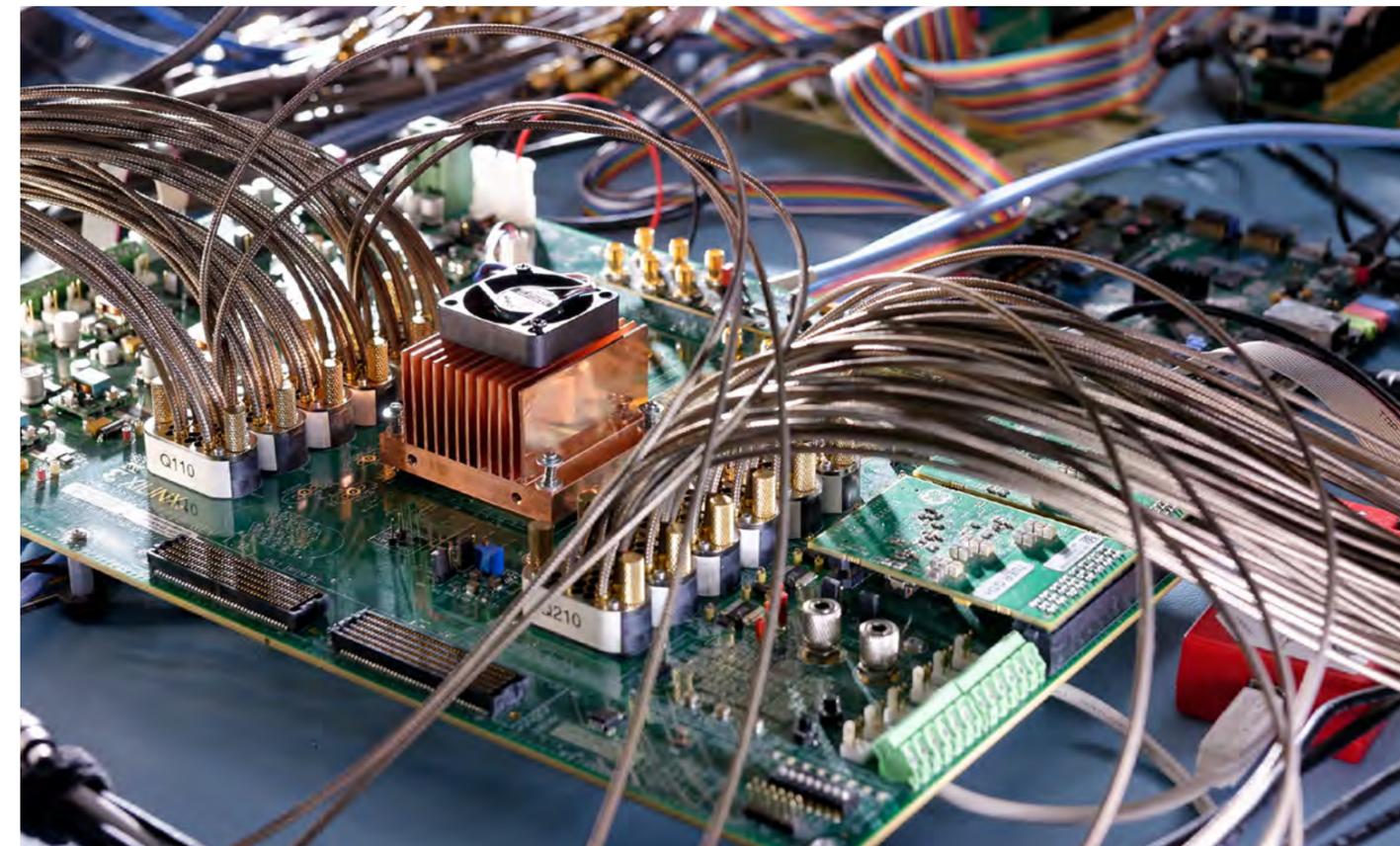
Derzeit testen die Forschenden zahlreiche Versionen von Chips und suchen nach der besten Anordnung der einzelnen Nano-Bauteile und den geeignetsten Materialien zu ihrer Herstellung. Gleichzeitig unterzieht die Gruppe um Professor Matthieu Luisier von der ETH Zürich die neuen Kreationen umfangreichen Simulationstests im Hochleistungsrechenzentrum in Lugano.

Mit blossen Auge sind die Nano-Bauteile nicht zu sehen. Beim Besuch im Labor von Jürg Leuthold an der ETH Zürich erinnert die Anordnung der Chips unter dem Mikroskop an die Pixelästhetik früherer Games wie «Space Invaders».

Industriepartner gefragt

Bis 2021 wollen die Forschenden die theoretischen und technologischen Grundlagen legen, um einen ersten Prozessor mit zwanzig Einzelatom-Bauteilen herzustellen. Bis 2025 sollen auch komplexe Prozessoren produktionsreif sein. Das Ziel: Die neuen Bauteile sollen in herkömmlichen Silizium-Chips (CMOS-Chips) integrierbar sein. Aber auch in der künstlichen Intelligenz, beim maschinellen Lernen und in autonomen Systemen sehen die Forschenden Anwendungspotenziale für ihre Nano-Bauteile.

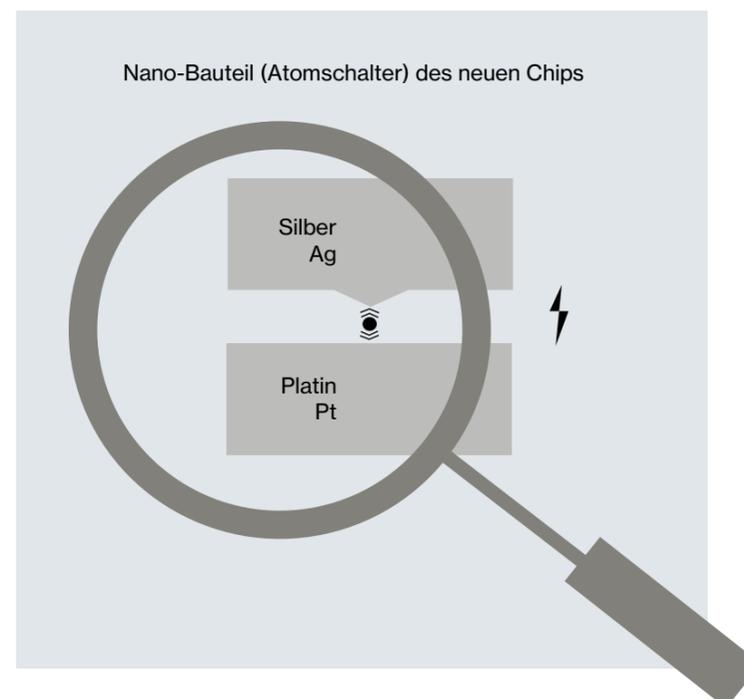
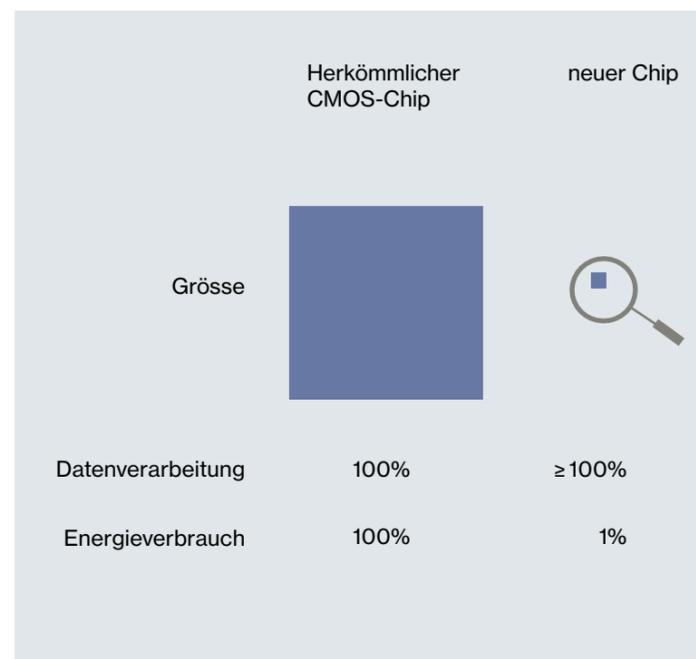
Damit das europäische Silicon Valley Wirklichkeit wird, sind schon bald starke Industriepartner gefragt. An Interesse dürfte es nicht mangeln. Das Projekt in Zürich und Karlsruhe ist äusserst vielversprechend und hat das Potenzial, die Mikroelektronik und die uns umgebenden technischen Geräte zu revolutionieren.



Herkömmliche Chips wie dieser sind «Energieschleudern» im Vergleich zum Atomschalter.

Der neue Chip wird 100-mal kleiner sein als herkömmliche CMOS-Chips, er wird gleich viele oder mehr Daten verarbeiten und vor allem viel weniger Energie verbrauchen.

Mit einer minimalen elektrischen Spannung wird ein einzelnes Atom zwischen einem Silber- und einem Platinplättchen verschoben, was ein digitales Signal erzeugt.





Professor Jürg Leuthold, Direktor des Instituts für Elektromagnetische Felder an der ETH Zürich

Der Spitzenreiter

Die Textilfabrik seines Vaters mochte Jürg Leuthold nicht übernehmen. Zum Glück. Denn als Physiker entwickelte er Innovationen, die in der Technologieszene weltweit für Aufsehen sorgten und zum Standard weiterentwickelt wurden.

Die Vorgabe war so klar wie atemberaubend: «Sie haben freie Hand, wie Sie in Ihrer Forschung vorgehen. Aber in zwei Jahren muss Ihr Name in der Telekom-Szene weltweit bekannt sein.» Mit diesen Worten wurde Jürg Leuthold 1999 von seinem Vorgesetzten in den Bell Laboratories in den USA als Postdoktorand begrüsst. Die «Bell Labs» galten schon damals als *die* Institution für technologische Spitzenforschung, die zu industriell verwertbaren Produkten in Elektrotechnik und Telekommunikation führt.

Jürg Leuthold erhielt die Aufgabe, einen Chip zu entwickeln, der Daten schneller verarbeiten kann als alle bisherigen Chips auf dem Markt. Sein Vorgänger war an der Aufgabe gescheitert. «Ich kam ebenfalls ins Schwitzen, als der Vorgesetzte alle zwei Wochen nachfragte, ob ich mit meinen Berechnungen fertig sei und man einen Prototyp herstellen könne», erzählt Jürg Leuthold. Mit Schweizer Gründlichkeit nahm er sich sieben Monate Zeit für die Berechnungen. Es lohnte sich: Nach zwölf Monaten stellte der 34-Jährige auf einer Weltkonferenz für Glasfaserkommunikation einen neuartigen optischen Chip vor.

Der Chip brach sogleich den Weltrekord in der Geschwindigkeit der Datenverarbeitung. Und er kam zur richtigen Zeit: Es war um die Jahrtausendwende, erste Musikdienste wie «Napster» kamen auf, und die Datenmenge im Internet stieg rasant an. Für Jürg Leuthold bedeutete der neue Chip: Auftrag erfüllt. Sein Name war in der Telekom-Szene gesetzt. Wenige Tage später überreichte ihm sein Vorgesetzter eine Firmenkreditkarte – um ein eigenes Labor einrichten zu können.

Vom Mechaniker gelernt

Das Faible für Technik kommt bei Jürg Leuthold nicht von ungefähr. Er wuchs im Toggenburg auf, sein Vater war Besitzer einer Textilfabrik im ländlichen Neckertal. Schon als Kind schaute Jürg Leuthold dem Mechaniker beim Reparieren der Maschinen zu. Im Teenageralter übernahm er diese Aufgabe dann meist selbst. Doch Textilfabrikant wollte er nicht werden. «Dazu war mein Wunsch nach Antworten auf grundlegende Fragen zu gross: Was hält die Welt zusammen? Was ist Licht?», blickt Leuthold zurück.

Antworten fand er im Studium der Physik an der ETH Zürich. Schon bald wandte er sich der Photonik zu, jenem

Teilgebiet der Physik, das sich optischen Verfahren zur Übertragung, Speicherung und Verarbeitung von Informationen widmet. Hier waren viele Grundsatzfragen noch ungeklärt, und es bestand die Aussicht auf industrielle Anwendungen – die perfekte Mischung für Jürg Leuthold. Durch seine Dissertation half er mit, Prozessoren zu entwerfen, die auf der Basis von Licht – statt Elektronen – funktionieren und damit schneller sind. Die Arbeit stiess in der Industrie auf Interesse und führte ihn zu den Bell Labs. Seine dort entwickelten Chips wurden aufgegriffen und weiterentwickelt. Sie sind heute in abgewandelter Form in den meisten Weitverkehrsnetzen der Glasfasertechnologie zu finden.

Den eigenen Stil finden

Der Erfolg und die Erfahrung in den Bell Labs haben Jürg Leuthold gelehrt: Jeder hat seinen eigenen Stil, um ans Ziel zu gelangen. Der eine experimentiert baldmöglichst mit Prototypen im Labor, der andere rechnet lieber länger. Diese Diversität des Vorgehens versucht Jürg Leuthold heute auch als Professor und Leiter des Instituts für Elektromagnetische Felder an der ETH Zürich zu berücksichtigen: «Meine Mitarbeitenden erhalten Aufgaben und keine Vorgehensweisen. Ich lasse ihnen alle Freiheiten, um den eigenen Weg zu finden. Ihre Vorgehensweise wird aber immer wieder kritisch hinterfragt.»

Sein eigener Weg führte ihn nach der Zeit in den Bell Labs nach Deutschland, wo er 2004 am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) die Leitung des Instituts für Photonik und Quantenelektronik übernehmen konnte. Neun Jahre später kehrte er in die Schweiz und an die ETH Zürich zurück.

Namhafte Preise und 25 Patente

So bravourös er als Postdoktorand die ihm gestellte Aufgabe erfüllen konnte, so erfolgreich ging seine Karriere als Forscher und Entwickler weiter. 25 Patente, der Landesforschungspreis von Baden-Württemberg und weitere Auszeichnungen sowie namhafte Drittmittel unter anderem vom Europäischen Forschungsrat zeugen davon. Der Fokus seiner Arbeit ist seit der Dissertation derselbe geblieben: Hochgeschwindigkeits-Kommunikation auf optischer Basis. «Kommunikation ist ein menschliches Grundbedürfnis. Ich

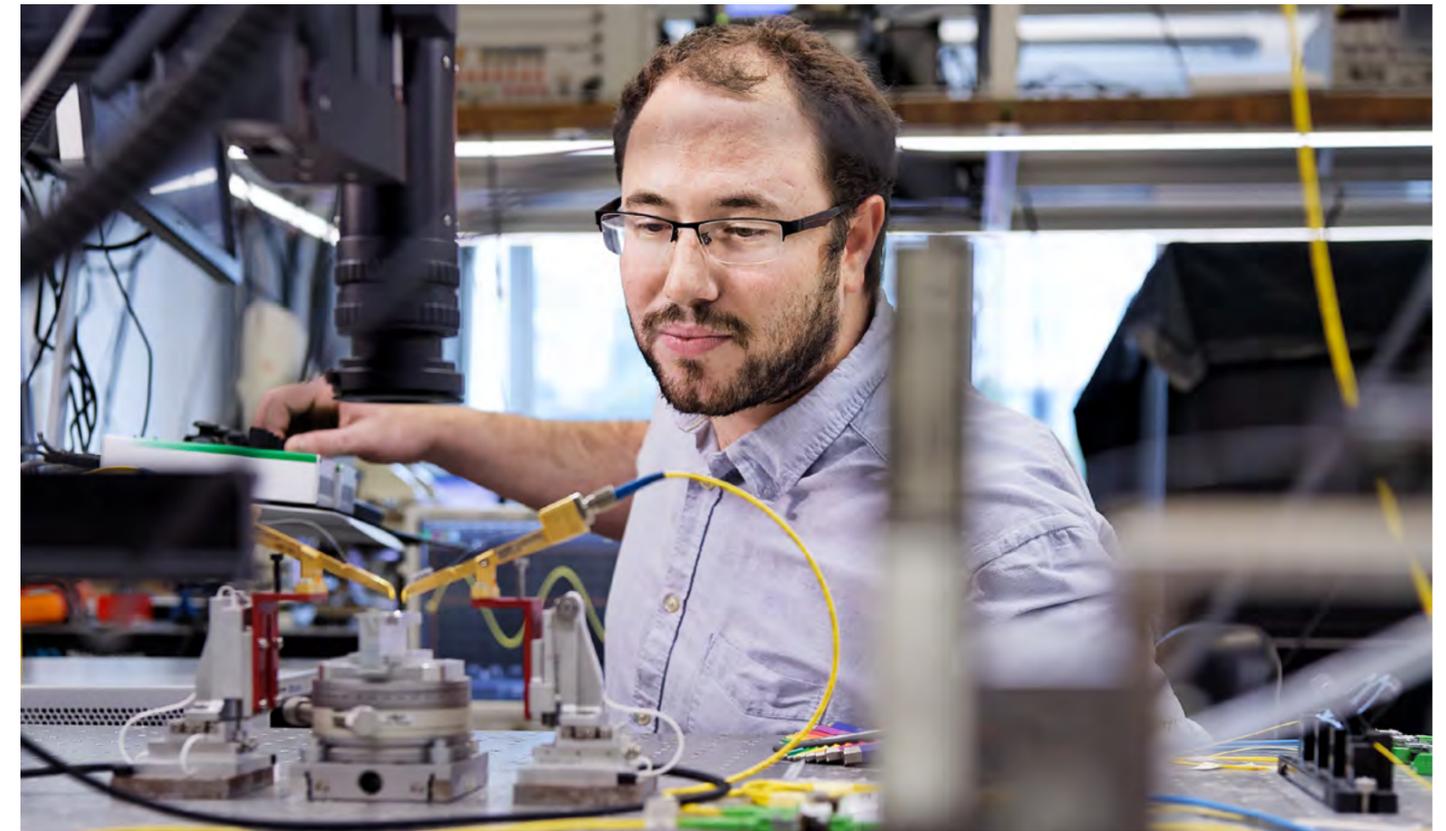
möchte mithelfen, das Leben der Menschen durch neue Kommunikationstechnologien einfacher zu machen», sagt Jürg Leuthold. Für erneutes Aufsehen in der Branche sorgt er seit ein paar Jahren mit der Entwicklung einer neuartigen Einzelatom-Technologie – sie wird von der Werner Siemens-Stiftung unterstützt.

Den Nachwuchs fördern

Wenn es um Innovationen geht, bringt Jürg Leuthold seine Stimme auch mal in die politische Debatte ein. «Das Bildungssystem sollte sich mehr auf die Förderung von Innovation und neuen Technologien ausrichten», ist er überzeugt. Latein lernen im Gymnasium? Schön und gut, aber bitte freiwillig: «Lernen, eine App zu programmieren, wäre heute nützlicher.» Zumindest sollten die Gymnasien naturwissenschaftliche Vertiefungsrichtungen als Option anbieten – was heute in der Schweiz nicht überall der Fall sei. Kein Wunder, fehle es den technischen Hochschulen an Studierenden.

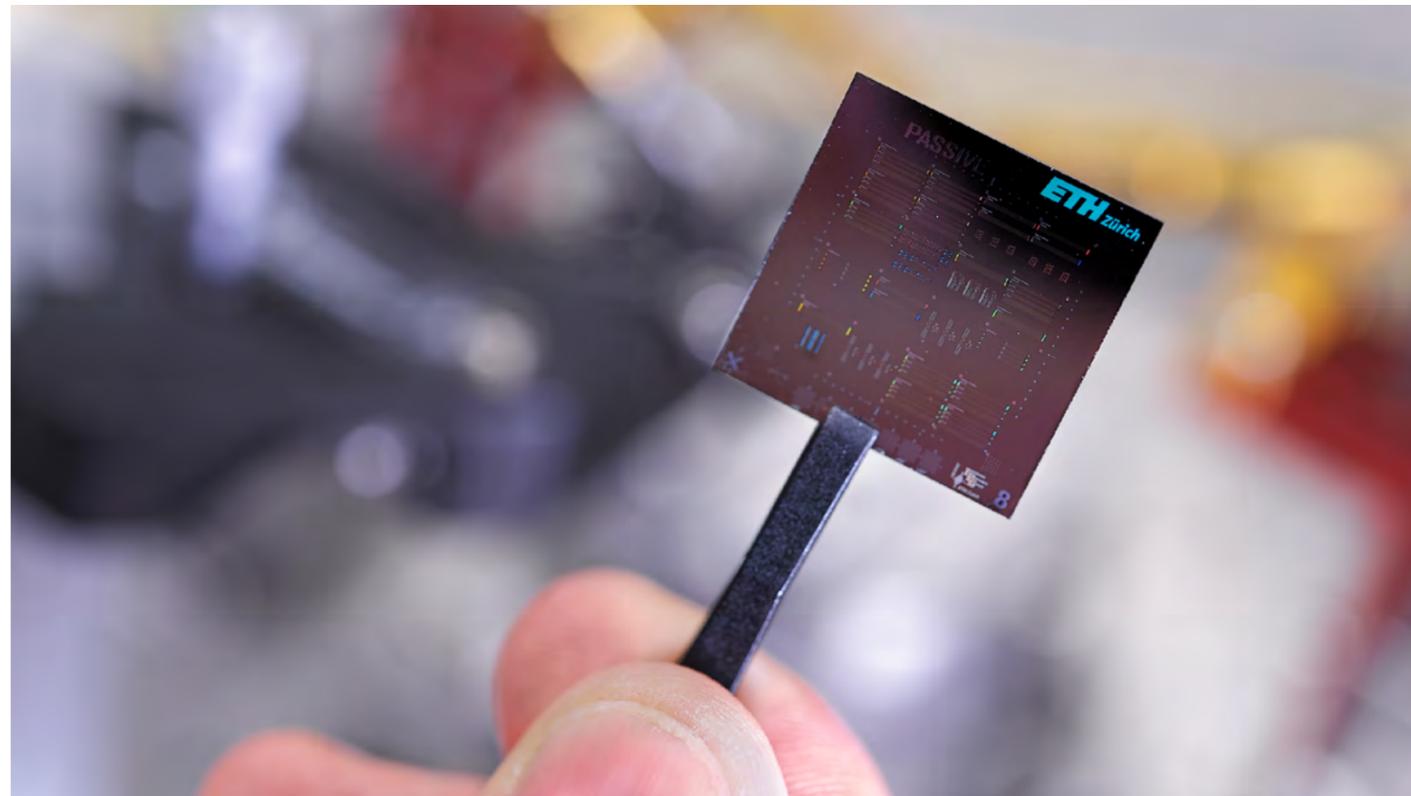
Vor allem gelte es, bei jungen Menschen die Begeisterung für die Naturwissenschaften zu wecken. Das versucht Jürg Leuthold auch bei seinen drei Kindern im Teenageralter. Eine Wissenschaftssendung gehört da schon mal zum abendlichen Familienprogramm. Und natürlich wollen seine Kinder auch erfahren, woran der Vater in den Labors an der ETH Zürich forscht. Zu erzählen gibt es viel. Derzeit etwa über die «Einzelatom-Elektronik- und Photonik».

Die Werner Siemens-Stiftung ist die erste private Förderstiftung, die die Einzelatomschalter-Technologie aufnimmt. Das passt bestens zum Pioniergeist von Werner Siemens, der als Vater der modernen Elektrotechnik gilt.



Der Atomschalter wird zahlreichen Tests unterzogen.

Die Chips haben das Potenzial, die Halbleiterindustrie zu revolutionieren.



Zahlen und Fakten

Projekt

Die ETH Zürich und das Karlsruher Institut für Technologie forschen an einer grundlegend neuen Art von Mikrochips, die mit Einzelatomschaltern funktionieren.

Unterstützung

Die Werner Siemens-Stiftung finanziert den Aufbau des Zentrums für Einzelatom-Elektronik und -Photonik mit einer Schenkung an die ETH Zürich Foundation.

Mittel der Werner Siemens-Stiftung

12 Mio. Schweizer Franken

Projektdauer

2017–2025

Leitung

Prof. Dr. Jürg Leuthold, Direktor des Instituts für Elektromagnetische Felder, ETH Zürich

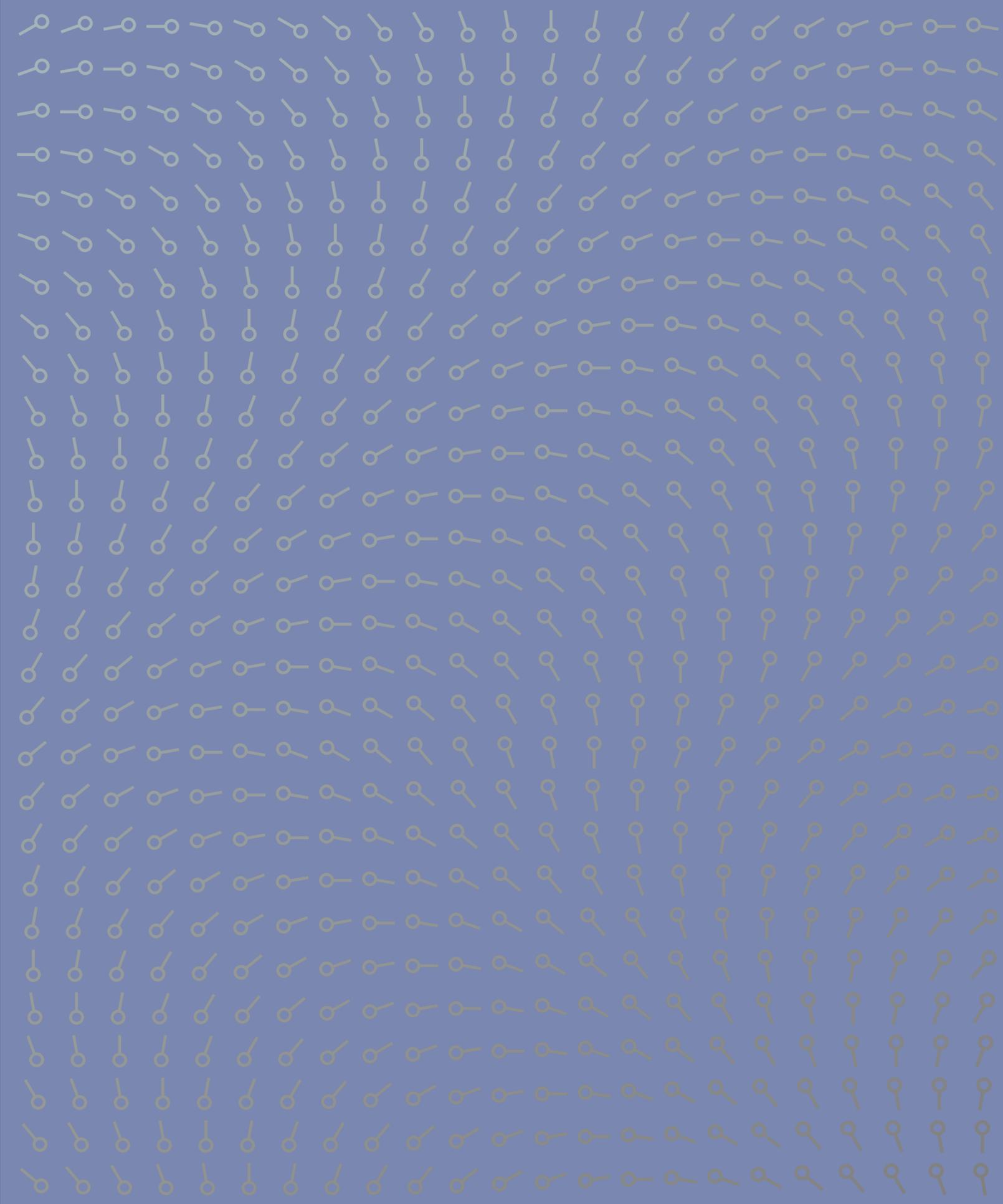
Partner (Auswahl)

Prof. Dr. Thomas Schimmel, Institut für Angewandte Physik, Karlsruher Institut für Technologie
Prof. Dr. Mathieu Luisier, Institut für Integrierte Systeme, ETH Zürich

energieeffizient revolutionär kleiner

Innovation

Die Werner Siemens-Stiftung unterstützt die Entwicklung des kleinsten optisch-elektrischen Schalters, weil sie überzeugt ist, dass er der globalen Mikroelektronik einen entscheidenden Impuls zu geben vermag. Die neue Technologie könnte die Halbleitertechnik revolutionieren – in Richtung noch kleinerer und energiesparender Prozessoren.



Energie aus dem Erdinneren

Tiefen-Geothermie



Wir kratzen mit Baggern Kohle aus der Erdkruste und bohren Löcher in den Meeresboden, um kostspielig Erdöl und Erdgas zutage zu fördern. Anschliessend verbrennen wir einen grossen Teil der mühevoll gewonnenen Rohstoffe, um Strom zu erzeugen. Dabei wohnen wir auf einem Feuerball. Die gigantische Hitze im Innern der Erde hat das Potenzial, den Energiebedarf der Menschheit zu decken. Nachhaltig und bis ans Ende unserer Zeit.

Den Feuerball anzapfen

Die gewaltige Hitze im Erdinnern ist eine der grössten brachliegenden Energiereserven des Planeten. Wie man sie im grossen Stil für die Stromerzeugung nutzen kann, erforschen Professor Martin O. Saar und sein Team an der ETH Zürich, unterstützt von der Werner Siemens-Stiftung. Ihr innovatives Verfahren würde viel Strom liefern und erst noch den CO₂-Ausstoss reduzieren.



Eines von zahlreichen Experimenten, die nötig sind, um eines Tages die enorme Hitze im Erdinnern zur Stromerzeugung nutzen zu können.

«Wir leben auf einem Planeten, der genug Energie für die Menschheit bis in alle Ewigkeit enthält», sagt Geothermie-Professor Martin O. Saar von der ETH Zürich. Gerade mal die äusserste Schicht der Erde von 2 bis 3 Kilometern Tiefe ist kälter als 100 °C. Der allergrösste Teil, nämlich 99 Prozent des Erdballs, ist heisser als 1000 °C. Und der Erdkern glüht gar mit über 4000 °C und ist damit heisser als die Sonnenoberfläche.

Diese unerschöpfliche Energieressource anzuzapfen und damit den Energiehunger der Erdbewohnerinnen und -bewohner zu stillen, ist das erklärte Ziel von Martin O. Saar. Er hat vor zwei Jahren seinen Lehrstuhl an der University of Minnesota aufgegeben, um an der ETH Zürich eine neue Gruppe für die Erforschung von Geothermie und Geofluiden aufzubauen – finanziert von der Werner Siemens-Stiftung.

Keine Abkühlung in Sicht

Es ist schwer vorstellbar, dass ein Körper, dem systematisch Wärme entzogen wird, nicht abkühlt. «Die Erde jedoch», sagt Saar, «produziert die ins kalte All abgegebene Wärme fortlaufend im Innern durch radioaktiven Zerfall nach.» Ebenfalls wenig bekannt ist, dass die flüssigen Stoffe des Erdkerns permanent kristallisieren. «Durch diese Kristallisationen wird der innere, feste Erdkern gebildet und ebenfalls Wärme freigesetzt.»

Wie gelangt man nun an diese Energie? Man bohrt etwa drei Kilometer in die Tiefe, holt entweder vorhandenes heisses Wasser aus der Tiefe nach oben oder presst zuerst Wasser zur Erhitzung in den Untergrund. Dann wandelt man die Wärme in einer Dampfturbine in Strom um und

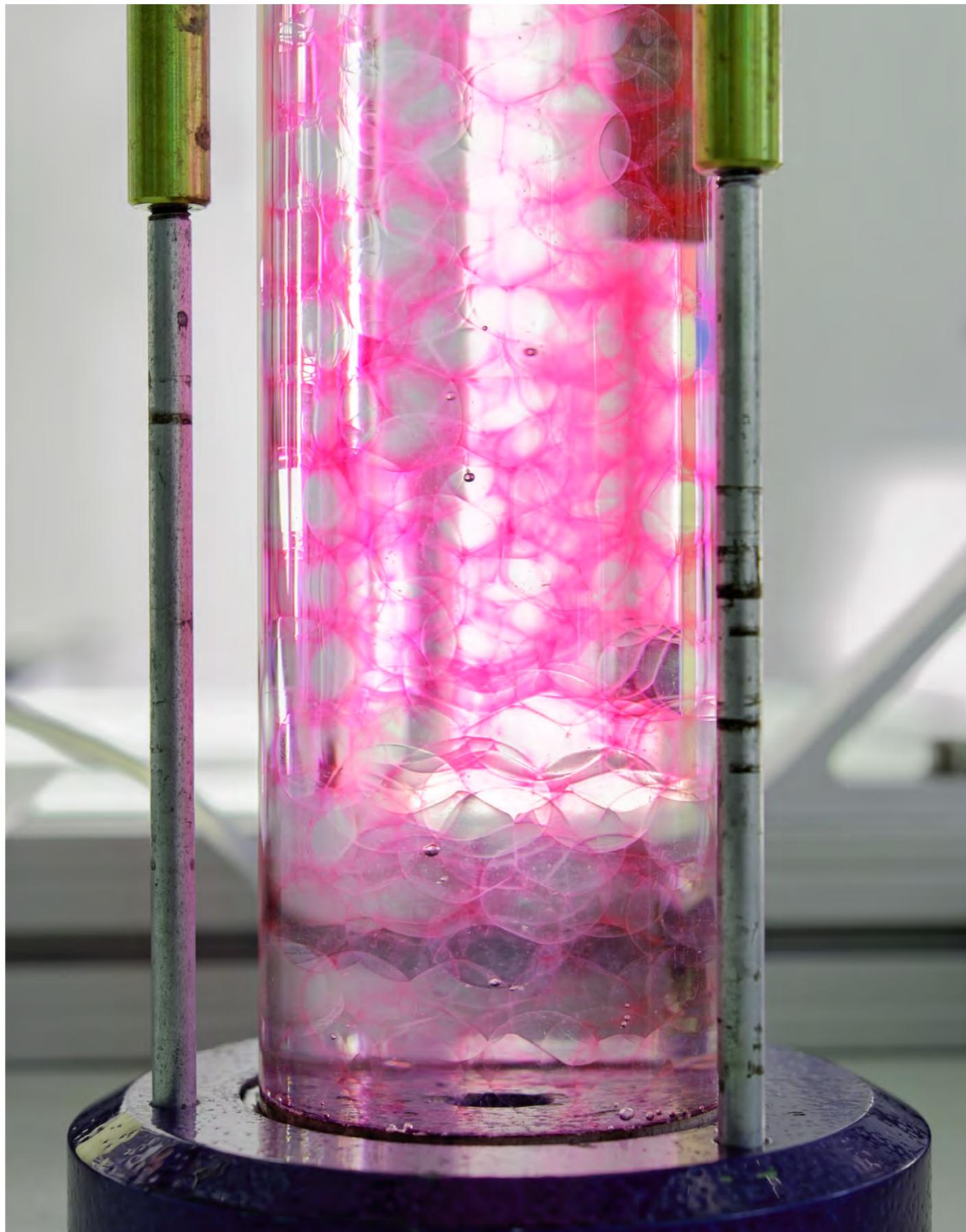
pumpt anschliessend das kalte Wasser wieder zurück. So einfach ist es, und doch wieder nicht.

Damit Wasser aus der Tiefe hochgepumpt werden kann, muss es durchs Gestein fließen können. Das geht, wenn das Gestein natürlicherweise durchlässig ist wie in Störungszonen. Das Wasser in solchen Tiefen ist jedoch in der Regel salzhaltiger als Meerwasser. Wird es hochgepumpt, kühlt es ab und fällt Mineralien aus, die mit der Zeit die Öffnungen verstopfen. Deshalb sind Geothermiker ganz auf Erdbeben erpicht: In seismisch aktiven Gebieten ist im Untergrund so viel Bewegung vorhanden, dass immer wieder Wege für den Durchfluss des Wassers aufgebrochen werden. In Nevada oder Kalifornien sind die Kraftwerke extra auf Störungszonen gebaut, wo es genügend Erdbeben gibt, um den Untergrund offen zu halten. Anders wäre es nicht möglich, die Kraftwerke über Jahrzehnte zu betreiben.

Erdbeben als nützliche Kraft

Während Laien mit Erdbeben vor allem Zerstörung verbinden, sieht der Forscher darin eine gestaltende, nützliche Kraft: «Ohne Erdbeben gäbe es keine Berge, keine Flüsse und eben auch keinen Zugang zur Ressource Erdwärme.» Wo keine Erdbeben sind, werden die Forscher zu Sprengmeistern – mit Wasser statt Dynamit. Sie pressen Wasser unter Hochdruck ins Gestein, um dieses zu «stimulieren», damit die notwendigen Verschiebungen entstehen. Die Kunst liegt dabei in der Dosierung: Statt eines grossen Erdbebens werden viele Mini-beben erzeugt – alles unter genauester Kontrolle.

Erprobt haben die Forscherinnen und Forscher die Methode im Grimsel-Massiv in der Schweiz, einem «harten



Im Labor lässt sich das Fließverhalten verschiedener Flüssigkeiten (grau, gelb, pink) schneller als im Gestein testen.

Brocken» aus Granit. In einem bereits bestehenden Stollen führten sie zusammen mit dem «Swiss Competence Center for Energy Research – Supply of Electricity» ihre sorgfältig vorbereiteten Experimente durch. Das Gestein wurde wie ein Patient rundherum vermessen, zahlreiche Sonden in Löchern versenkt, um ein dreidimensionales Bild der Bewegungen aufzuzeichnen. Schliesslich wurden in zwei Bohrlöchern jeweils nacheinander Abschnitte dicht verschlossen und Wasser injiziert, um kleine Störungen im Granit zu erzeugen. Die Prozedur machte das gesamte Gestein durchlässig, ohne grosse Erschütterungen zu verursachen.

Nun werden die riesigen Datensätze ausgewertet. «Je mehr wir wissen, desto besser können wir sagen, was passieren wird», betont Martin O. Saar. «Wir sind sehr zuversichtlich, dass wir in Zukunft die Grösse unserer Beben besser steuern können.»

Teures Bohren

Es gibt noch ein anderes Problem, das die Geothermie-Forschenden umtreibt. Oft muss man 5 bis 6 Kilometer tief bohren, um an eine ökonomisch sinnvolle Temperatur von 180 °C zu gelangen. Bohren ist jedoch das Teuerste an der Geothermie. Die zündende Idee, wie die Kosten gesenkt werden könnten, kam Martin O. Saar vor zehn Jahren in den USA, als er mit einem Doktoranden auf einer Autofahrt darüber diskutierte. Der Doktorand arbeitete gerade im Auftrag des Minnesota Geological Survey an Simulationen zur unterirdischen Kohlendioxid-Speicherung. Das brachte die beiden Forscher auf die verrückte Idee, CO₂ als Flüssigkeit für den Wärmetransport an die Erdoberfläche zu benutzen.

Kohlendioxid als Wärmeleiter

Die spontane Eingebung hat sich als ernstzunehmende Alternative erwiesen. Saar erzählt begeistert: «Uns war schnell klar, dass wir die Wärme mit Kohlendioxid besser heraufholen können als mit Wasser.» Was hat das Kohlendioxid dem Wasser voraus? «Ab 1 Kilometer Tiefe ist das CO₂ schön überkritisch», erklärt der Wissenschaftler. Das bedeutet: Es nimmt einen Aggregatzustand zwischen gasförmig und flüssig an. Es fliesst leichter als Wasser und dehnt sich bei Erwärmung wesentlich stärker aus als Wasser. Auch wird es weniger dicht und steigt leicht auf. Ein weiterer grosser Vorteil: Die CO₂-Geothermie braucht keine Erdbeben. Das fast gasförmige CO₂ kann durch bestimmte Gesteine einfach hindurchströmen.

Klimawandel bremsen

Inzwischen wird weltweit an der Kombination von CO₂-Einspeicherung in Tiefenlagern und CO₂-Nutzung für die Geothermie geforscht. Dass niemand vorher auf die Idee gekommen ist, liegt sicher daran, dass CO₂ so negativ besetzt ist: Es bewirkt die Klimaerwärmung und soll deshalb möglichst eingespart werden. Die USA versuchen seit längerem, ihre CO₂-Bilanz durch unterirdische Einspeichern aufzubessern. In der Schweiz ist das politisch noch kein Thema. Doch das Bundesamt für Energie und ein paar Unternehmen haben die Technologie bereits auf ihrem Radar. Denn sie ist überaus vielversprechend: Wenn es gelingt, das CO₂ gleichzeitig der Erdatmosphäre zu entziehen, einzuspeichern und einen Teil davon in einem geschlossenen Kreislauf für den Transport von Erdwärme zu nutzen, um Strom zu erzeugen – dann wäre die Menschheit in der Lage, den Klimawandel zu bremsen.

Wie bahnt sich Flüssigkeit (pink) den Weg durch festes Material (weiss)? Experiment zu einer der fundamentalen Fragen der Tiefen-Geothermie.

Erdbeben auf Sparflamme

In Kraftwerken Strom aus Erdwärme zu erzeugen – das ist in der Schweiz bisher noch nicht gelungen. In den USA jedoch schon. Weshalb? Antworten von Martin O. Saar, Geothermie-Professor an der ETH Zürich.

In der Schweiz wird kaum noch ein neues Wohnhaus gebaut, ohne eine geothermische Wärmepumpe einzurichten. Warum braucht es überhaupt noch einen Forschungseffort in der Geothermie?

Martin O. Saar: In der Geothermie unterscheiden wir zwischen der oberflächennahen Nutzung von Erdwärme zum Heizen und der Nutzung der tiefen Wärme für die Erzeugung von Strom. Sie sprechen von Wärmepumpen, also oberflächennaher Geothermie. Bei Wärmepumpen wird kein Strom erzeugt, sondern es wird einfach die im Erdboden gespeicherte Sonneneinstrahlung genutzt. Dies ist ein Spezialfall der Geothermie, der aber in der Schweiz sehr wichtig ist, um Häuser zu heizen – und in südlichen Ländern übrigens auch, um zu kühlen.

Wo stehen Deutschland und die Schweiz bei der Nutzung tiefer Erdwärme?

In der Schweiz wird erst seit kürzerem sehr viel Geld in die tiefe Geothermie investiert, und zwar vom Bund. Der geplante Ausstieg aus der Atomenergie und die sogenannte Energiewende haben den Druck erhöht, alternative Energiequellen zu nutzen. In Deutsch-

land ist man mit der geothermischen Energienutzung schon sehr viel weiter. Einerseits wegen der etwas günstigeren Geologie dort, andererseits, weil die Untergrunderkundung und Rohstoffnutzung in Deutschland eine sehr lange Tradition hat. Es ist wesentlich mehr über den Untergrund bekannt, besonders in recht grossen Tiefen. Last but not least ist es in der Schweiz mit den 26 Kantonen, die oft sehr spezifische, eigene Regeln haben, wie der Untergrund genutzt werden könnte, sehr schwierig für Firmen und Investoren, Fuss zu fassen und ein geothermisches Projekt voranzutreiben. Daher wird in der Schweiz die Geothermie bis jetzt noch nicht zur Stromerzeugung genutzt.

Die Versuche in Basel und St. Gallen, geothermische Kraftwerke zur Stromerzeugung zu betreiben, mussten wegen der Erderschütterungen abgebrochen werden. Was ist dort schiefgelaufen?

In Basel hat man Flüssigkeiten in einer relativ hohen Dosis in den Untergrund eingepresst und dadurch ein Erdbeben ausgelöst. Es war eigentlich ein kleines Beben, aber es hat doch Schäden an der Erdoberfläche angerichtet. Wenn

man Flüssigkeiten in den Untergrund einpresst, ist es klar, dass es Erdbeben gibt. Das Wichtige dabei ist, diese Beben sehr klein zu halten.

Im Jura wird gerade wieder ein solches Kraftwerk geplant. Ist die Forschung denn nun so weit, dass die Technologie sicher funktioniert?

In Haute-Sorne ist ein solches petrothermales Kraftwerk, das mit Wassereinspeisung in den Untergrund funktioniert, angedacht. Aber es ist noch nicht sicher, ob es wirklich errichtet wird. Gerade weil man das Trial-and-Error-Prinzip wie in Basel oder St. Gallen nicht mehr möchte, wurden meine Professur und weitere Professuren in der Schweiz eingerichtet. Im Moment arbeiten wir zusammen mit dem «Swiss Competence Center for Energy Research – Supply of Electricity» daran, dass solche petrothermalen Systeme in Zukunft keine grossen Erdbeben mehr auslösen.

Und wie machen Sie das? Wie erproben Sie die Dosierung von Erdbeben?

Wir haben dafür ein Experiment im Grimsel-Labor im Nagra-Stollen durch-

geführt; die Daten werten wir gerade aus. Den nächstgrösseren Untergrundversuch planen wir im stillgelegten Bedretto-Stollen im Furka-Basistunnel. Dort können wir noch tiefer gehen als die 500 Meter im Grimsel-Stollen: einen bis anderthalb Kilometer unter die Erdoberfläche.

Die Schweiz will ab 2035 im Rahmen der Energiewende 12 Prozent des Strombedarfs aus erneuerbaren Energien decken. Nach Schätzungen müssten dann bereits ein Dutzend Geothermie-Kraftwerke Strom erzeugen. Ist das realistisch?

Das wird extrem schwierig. Im Moment wissen wir ja nicht einmal, ob wir eines hinbekommen. Doch bei der Atomenergie brauchte es zuerst auch sehr viel Forschung, bis man diese Energiequelle nutzen konnte. Petrothermale Systeme werden zwar seit den Siebzigerjahren erforscht – zuerst in den USA –, mit Hochdruck aber erst seit zehn Jahren. Und in der Schweiz gerade einmal seit vier Jahren, abgesehen von den Versuchen in Basel und St. Gallen.

Bevor Sie vor zwei Jahren die Professur für Geothermie an der ETH Zürich antraten,

waren Sie Professor an der University of Minnesota in den USA. Spielt die dortige Geothermie-Forschung für Sie weiterhin eine Rolle?

In den USA habe ich meinen Master und Doktor gemacht und war danach zehn Jahre Professor. Ich leite dort immer noch eine kleine Forschungsgruppe und habe auch eine Geothermie-Firma mitgegründet. Insofern unterhalte ich viele Kontakte und forsche auch weiterhin in amerikanischen Projekten. Die USA sind global führend mit über 3 Gigawatt Kapazität von Geothermie-Kraftwerken. Das entspricht drei grossen Kohlekraftwerken – was gegenüber den mehr als 600 Kohlekraftwerken im ganzen Land eine verschwindend kleine Zahl ist.

Warum gibt es denn so wenige geothermische Kraftwerke?

Es ist eben schwierig, die geothermische Energie in grosser Menge an die Erdoberfläche zu bringen. In den USA befinden sich die meisten geothermischen Kraftwerke aus geologischen Gründen in Kalifornien und Nevada. Dort sind hohe Untergrundtemperaturen recht nahe der Erdoberfläche zu

finden, und die seismische Aktivität ist relativ hoch. Die meisten Gebiete der Erde, so auch die Schweiz, bieten das nicht. Da setzen wir mit unserer Forschung an, indem wir versuchen, geothermische Energie auch in bisher ungeeigneten Gegenden für die Stromproduktion nutzbar zu machen.



Martin O. Saar hat die Professur für Geothermie an der ETH Zürich inne, die von der Werner Siemens-Stiftung finanziert wird.



Genauestens geplant: Forschende der Geothermie-Gruppe führen ein Experiment im Grimsel-Stollen durch.

Zahlen und Fakten

Projekt

Die Forschungsgruppe Geothermal Energy and Geofluids Group an der ETH Zürich unter der Leitung von Prof. Dr. Martin O. Saar erprobt verschiedene Verfahren, wie man Erdwärme für die Stromerzeugung wirtschaftlich nutzen kann. Eines der Verfahren basiert auf der innovativen und klimafreundlichen Idee, CO₂ für den Wärmetransport aus dem Erdinnern einzusetzen und mit Verfahren der CO₂-Einspeicherung im Untergrund zu verknüpfen.

Unterstützung

Die Werner Siemens-Stiftung finanziert mit einer Schenkung an die ETH Zürich Foundation während 10 Jahren eine Professur für Geothermie an der ETH Zürich mit den nötigen operativen Mitteln sowie 5 Forschenden. Das Team untersucht reaktive Flüssigkeiten sowie geothermale Energieflüsse in der Erdkruste mit Hilfe von Computersimulationen, Laborexperimenten, Feldforschung und im Gestein.

Mittel der Werner Siemens-Stiftung

10 Mio. Schweizer Franken, verteilt auf 10 Jahre

Projektdauer

2015–2025

Leitung

Prof. Dr. Martin O. Saar, Professor für Geothermie an der ETH Zürich

Partner (Auswahl)

Swiss Competence Center for Energy Research – Supply of Electricity
Geo-Energie Swiss AG
SwissGeoPower Engineering AG
TerraCOH, Inc.

Haelixa

University of Minnesota, Department of Earth Sciences
Lawrence Berkeley National Lab
Lawrence Livermore National Lab
Bundesamt für Landestopografie – swisstopo
US Geological Survey
Columbia University, NYC
Minnesota Geological Survey
École polytechnique fédérale de Lausanne
Universitäten Neuchâtel, Genf und Bern
Technische Universität Graz
Technische Universität München
Karlsruher Institut für Technologie

nachhaltiger Strom CO₂-neutral für immer für alle

Innovation

Die Werner Siemens-Stiftung unterstützt die Geothermie-Forschung von Professor Martin O. Saar und seinem Team, weil die Tiefen-Geothermie das Potenzial hat, Kraftwerke zu entwickeln, die nachhaltig und zeitlich unbegrenzt sauberen Strom für alle produzieren.

Kleine Organismen ganz gross

Synthetische Biotechnologie



Die schäumende weissliche Flüssigkeit sind Hefekulturen, die Öl produzieren. Wie man natürliche Organismen wie Hefen und Algen dazu bringt, für den Menschen nützliche Stoffe herzustellen, das erforscht die Synthetische Biotechnologie.

Reichhaltige Mikroorganismen

Die Synthetische Biotechnologie sucht in der Natur gezielt nach Organismen, deren Stoffwechselprodukte für den Menschen interessant sein können – zum Beispiel nach ölproduzierenden Hefen und Algen. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler analysieren diese Organismen und optimieren sie im Labor, bis die Stoffwechselprodukte so ausfallen, dass man sie zu chemischen Grundstoffen weiterverarbeiten kann. Ziel ist es, diese Grundstoffe industriell zu produzieren. Sie sollen fossile Brennstoffe und andere problematische Stoffe wie Palmöl ersetzen.



Sie weiss, wie man den Stoffwechsel von Mikroorganismen nutzen kann: Projektmanagerin Monika Fuchs aus dem 25-köpfigen Team der Synthetischen Biotechnologie an der Technischen Universität München.

Die Verfahren der Synthetischen Biotechnologie sind so komplex, dass zwingend Spezialisten aus Chemie, Biotechnologie, Bioinformatik, Mikrobiologie, Genetik und Pharmazie eng und gut zusammenarbeiten müssen. An der Technischen Universität München (TUM) besteht das Team derzeit aus 25 Fachleuten. Unter der Leitung von Thomas Brück, Professor für Industrielle Biokatalyse, treiben sie die junge Disziplin voran – in Teilen finanziert von der Werner Siemens-Stiftung.

Weshalb wird dieser Aufwand betrieben, um Produkte wie Öl herzustellen, die es bereits gibt? Um diese Frage zu beantworten, muss man etwas weiter ausholen und das Gesamtbild betrachten. «Die Weltbevölkerung wächst bis 2050 um rund fünfzig Prozent, und mit ihr der Bedarf an Nahrungsmitteln und Energie», erklärt Thomas Brück, Inhaber der Werner Siemens-Stiftungsprofessur. «Wie wollen wir diesen Bedarf mit den bestehenden Ressourcen decken, ohne den Klimawandel in lebensbedrohliche Dimensionen zu treiben?» Denn würde das benötigte Plus an Nahrungsmitteln beispielsweise mit zusätzlichem Düngereinsatz erzielt, führte das zu einem höheren Ausstoss von Stickoxiden, was wiederum den Klimawandel anheizte. Würde die zusätzlich benötigte Energie – um zu heizen, mobil zu sein, Güter herzustellen – nach wie vor aus fossilen Brennstoffen stammen, dann würde der CO₂-Ausstoss die Atmosphäre weiter gefährlich erwärmen. Würde die Energie stattdessen vermehrt aus Biomasse wie Soja oder Zuckerrohr gewonnen, fehlten diese wichtigen Grundnahrungsmittel für die Ernährung der vielen Menschen ... Ein Teufelskreis.

Rohstoffkonflikte

Die Synthetische Biotechnologie will zur Lösung dieser Rohstoffkonflikte beitragen. Das Team um Thomas Brück sucht nach Ersatz für erdölbasierte Produkte wie Kerosin und Kunststoff. Es entwickelt auch Alternativen für unökologisch produzierte Öle wie Palmöl, ebenso für Biokraftstoff aus Soja oder anderen Pflanzen – denn Soja braucht man in der Welt von morgen besser für die Ernährung der vielen Menschen. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler wollen auch bisher nur begrenzt verfügbare Wirkstoffe wie das halbsynthetisch gewonnene Krebsmittel Taxol herstellen. Und schliesslich verfolgen sie auch das Ziel, funktionale Fette für Kosmetika (zum Beispiel Jojoba-Öl) zu produzieren sowie lebensnotwendige Omega-3-Fettsäuren, die ein wichtiger Bestandteil von Säuglingsnahrung sind.

Die Produktionsverfahren laufen CO₂-neutral ab und haben das Ziel, kommende Generationen in die Lage zu versetzen, genügend Nahrung und Energie zu produzieren und den aktuellen Lebensstandard beizubehalten, ohne eine lebensbedrohliche Klimaerwärmung herbeizuführen.

Dieser Ansatz hat die Werner Siemens-Stiftung überzeugt. Sie finanziert seit 2016 an der Technischen Universität München den Aufbau der neuen Lehr- und Forschungsaktivitäten im Bereich der Synthetischen Biotechnologie. In diesem Rahmen ermöglicht sie auch die Erneuerung der Labor-Infrastruktur und initiiert die Einrichtung eines Schülerforschungszentrums, an dem Jugendliche vor dem Abitur mit ihren Lehrpersonen die junge Disziplin kennenlernen können.



Hefen als Ölproduzenten

Einer der Erfolge des Teams um Thomas Brück sind Hefen, die in ihrer Wachstumsphase Kohlenhydrate (Zucker) so umsetzen, dass daraus nicht normaler Alkohol (Ethanol) entsteht, sondern energiereiche Öle. Dieses Kunststück vollbringt die Hefe *Trichosporon oleaginosus*, die aus einem Komposthaufen in Irland isoliert wurde. Diese unkonventionelle Hefe kann verschiedenste Kohlenhydrate in Biomasse und spezielle Fette umwandeln. Ihre Fette ähneln Olivenöl, da sie bis zu 40 Prozent Ölsäure enthalten.

Die Hefe *Trichosporon oleaginosus* ist nicht wählerisch, woher ihre Nährstoffe stammen. Sie bedient sich auch bei Abfällen von Mais, Krabben, Weizenkleie, Holzspänen oder Stroh und holt jedes verwertbare Kohlenhydrat daraus heraus. «Dass man die Hefe auf Abfallprodukte ansetzen kann, die ohnehin anfallen, macht die Produktion nachhaltig», sagt Projektmanager Daniel Garbe. Aus den Kohlenhydraten macht die Hefe in mehreren chemischen Stoffwechselprozessen Fett, das sie als Reserve für karge Zeiten in ihrer Zelle einlagert (analog zu den menschlichen «Fettpolstern»).

Stress führt zu mehr Fett

Normalerweise besteht eine Hefezelle aus rund 20 Prozent Fett. Unter Stressbedingungen lagert sie aber viel mehr Fett ein – bis zu 80 Prozent. Das machen sich die Wissenschaftler zunutze und setzen sie extra auf «Diät», indem sie ihr während des Wachstums Stickstoff und Phosphat entziehen. Darauf reagiert die Hefe, indem sie all ihre verbleibende Energie darauf verwendet, Fette als Notvorrat einzulagern. «Unter dem Mikroskop sieht man dann fast nur noch Fette und einige Zellstrukturen», erzählt Thomas Brück. An diesem Punkt stoppen die Forschenden den Stress. So fahren sie den höchsten Ertrag ein, weil die «hungrige» Hefe noch nicht angefangen hat, das eingelagerte Fett für ihr eigenes Weiterleben aufzubrechen.

Unterschiedliche Fettsäuren

Aus Fetten kann man chemisch alles Mögliche machen. Eine der Forschungsgruppen der Synthetischen Biotechnologie tüftelt daher an unterschiedlichen «Fettsäureprofilen». Dazu

verändert sie verschiedene Parameter und beobachtet, wie die Hefe darauf reagiert. Drei Beispiele: Wenn die Forschenden die Hefe mit verschiedenen Zuckern füttern, produziert die Hefe ein anderes Fettsäureprofil. Einen vergleichbaren Effekt auf die Fettsäureprofile kann man mit Temperaturänderungen oder dem Entzug von schwefelhaltigen Substanzen aus dem Nährmedium erzielen. Je nachdem produziert die anpassungsfähige Hefe ganz unterschiedliche Fettsäuren.

Dass das möglich ist, lässt sich wie folgt erklären: Die verschiedenen Fette und Öle sind chemisch gesehen miteinander «verwandt». Sie haben alle Glycerin als «Kern», und um diesen herum sind jeweils drei verschiedene Fettsäuren mit einer unterschiedlichen Anzahl an Kohlenstoffatomen platziert. Biologisch produzierte Fette und Öle werden daher oft als Triglycerid bezeichnet. Öle, die als Nahrungsmittel verwendet werden, weisen zusätzlich viele Doppelbindungen auf. Sie werden als mehrfach ungesättigte Fettsäuren bezeichnet und sind, da sie antioxidativ wirken, sehr gesund. Je nach Profil lässt sich aus Fettsäuren also ein anderes Öl herstellen: zum Beispiel Öle für Nahrungsmittel (Palmöl-Ersatz, Fischöl-Derivat, Omega-3-Fettsäuren für Babynahrung) oder die ölige Basis für Biokraftstoffe, Kunststoffe und Kosmetika.

Ersatz für Palmöl

Viele pflanzliche Öle werden aus Pflanzen gewonnen, die unökologisch in riesigen Monokulturen wachsen und die Natur belasten oder gar zerstören. Für Palmöl zum Beispiel wird der wertvolle Regenwald gerodet, und gefährdete Tiere wie der Orang-Utan verlieren ihren Lebensraum. Palmöl wird mittler-

weile zahlreichen Nahrungsmitteln und Kosmetika beigefügt. Die Nachfrage ist trotz unökologischer Produktion gross.

«Die Fettsäure-Zusammensetzung von Palmöl lässt sich leider nicht über natürliche Wege in anderen Organismen herstellen», umschreibt Gentechniker Norbert Mehlmer aus dem Team das Problem. Deshalb muss man sich bei der Suche nach einem Ersatz für Palmöl neuer Methoden bedienen, die fremde Gene in die Hefe einschleusen. Dafür nutzt man in einem ersten Schritt das Bodenbakterium *Agrobacterium tumefaciens* als Türöffner für den Transfer der fremden Gene. In einem zweiten Schritt wird die Hefekultur dann mit einem Antibiotikum behandelt, so dass das *Agrobacterium* abstirbt. Zurück bleibt die Hefe mit den erwünschten genetischen Eigenschaften: Sie produziert nun die massgeschneiderten Fette und Öle – sicher, ganzjährig und von gleichbleibend hoher Qualität.

Die Industriepartner der Synthetischen Biotechnologie von Professor Thomas Brück sehen auch in zwei weiteren Fettsäureprofilen ein grosses Potenzial: Fischöl-Ersatz und Linolensäure, eine Omega-3-Fettsäure für Babynahrung. «In den nächsten fünf bis sieben Jahren könnten diese zwei Öle kommerziell hergestellt werden», sagt Thomas Brück.

Kunststoff aus Krabben-Abfällen

Das Team um Thomas Brück bearbeitet auch ein Projekt, in dem es um die Herstellung von nachhaltigen Kunststoffen (Polymeren) geht. Das Ausgangsmaterial stammt auch hier aus der Natur: leere Krabbenschalen aus Irland. Der irische Produzent war mehr als froh, konnte er die Abfälle den Forschern übergeben; denn Krabbenschalen dürfen nicht

einfach als Müll deponiert werden, da sie Bakterien anziehen, die Giftstoffe produzieren – weshalb die korrekte Entsorgung 7500 Euro pro Tonne kostet.

Mit Partnern aus Deutschland, Tschechien, Norwegen, Österreich, Tunesien und Indonesien entwickelten die Münchner Forscher einen Prozess, um aus dem Krabben-«Abfall» hochwertigen Kunststoff herzustellen. Dafür lösten sie zuerst den zuckerhaltigen Bestandteil Chitin aus den Krabbenschalen heraus. Dann optimierten sie die Fermentation und veränderten die Lipide genetisch, bis sie so beschaffen waren, dass der Industriepartner Evonik daraus besonders hochwertige Polyamide herstellen konnte. Aus diesem Kunststoff können medizinische Produkte wie Zahn- und Knochenimplantate gefertigt werden. «Dieses Projekt war sehr erfolgreich», erzählt Thomas Brück.

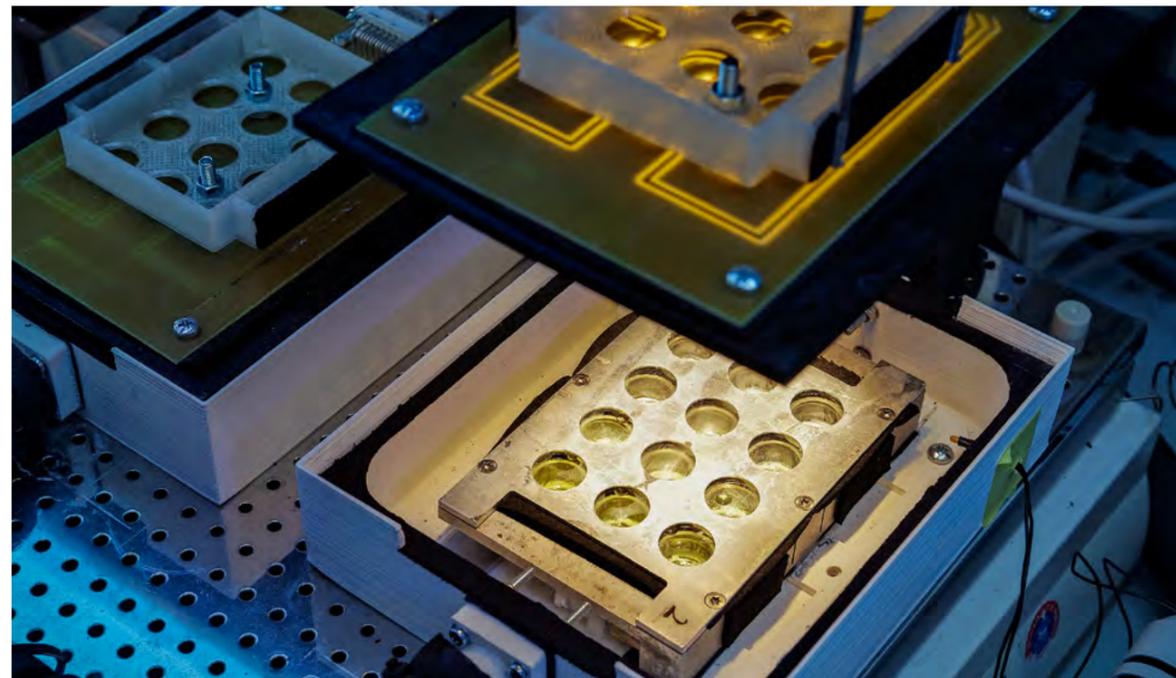
Bakterien gegen Krebs

Die Projektmanager Monika Fuchs und Norbert Mehlmer befassen sich mit der Verschaltung neuer Biokatalysatoren im Stoffwechsel des Darmbakteriums *Escherichia coli*, um Arzneimittel wie das Tumorthapeutikum Taxol nachhaltig zu produzieren. Bisher wurde dieser klinisch bedeutungsvolle Wirkstoff gegen Tumore aus Pflanzenextrakten in mehreren chemischen Syntheseschritten hergestellt – ein Prozess, der für jedes Kilogramm des Wirkstoffs gleichzeitig 240 Kilogramm giftige Abfälle produziert. Die Methodik der Synthetischen Biotechnologie erlaubt es, eine genetisch massgeschneiderte Zellfabrik zu konstruieren, die das gewünschte Produkt ohne giftige Abfälle bilden kann. Die genetische Veränderung einzelner Biokatalysatoren in der



Am Algentechnikum der Technischen Universität München werden die Algen kultiviert.

Auf der Suche nach der ertragreichsten Alge: das eigens entwickelte, automatisierte Verfahren zur Hochdurchsatz-Durchmusterung von schnell wachsenden Algenstämmen.



Zellfabrik eröffnet sogar den Weg zu weiteren neuen Wirkstoffen. Diese können als Entzündungshemmer oder als biologisch abbaubares Insektizid dienen.

Konflikte um Rohstoffe

Die Synthetische Biotechnologie will auch zur Lösung von Konflikten um Rohstoffe beitragen. Der Rohstoff Pflanzenöl zum Beispiel schafft fast unlösbare Konflikte: Schon heute werden bis zu 30 Prozent der produzierten Pflanzenöle zur Gewinnung von Energie und zur Herstellung von Chemikalien genutzt. Sie stehen daher nicht für die Nahrungsmittelindustrie zur Verfügung. Aus hochwertigem Pflanzenöl werden Biodiesel, Seifen (Tenside) oder andere ölhaltige Chemikalien hergestellt, die unter anderem der Körperpflege oder als Schmierstoffe für Autos dienen. Thomas Brück ist überzeugt: «Pflanzenöle sollten für die Ernährung eingesetzt werden, nicht zur Gewinnung von Energie oder Chemikalien.»

Algen zum Abheben

Die Doktorandenteams um die Projektmanager Farah Qoura und Daniel Garbe arbeiten seit drei Jahren intensiv daran, aus Algen Treibstoff herzustellen – als Ersatz für Kerosin. Mit Algen abheben – das klingt verlockend. In der Tat spricht für Algen als Treibstofflieferant einiges: Sie wachsen 12-mal schneller als Landpflanzen und benötigen weder Süswasser noch Ackerflächen, um zu gedeihen. Aufgrund ihres schnellen Wachstums nutzen Algen sehr effizient das Treibhausgas CO₂, um daraus Biomasse und biogene Öle zu bilden.

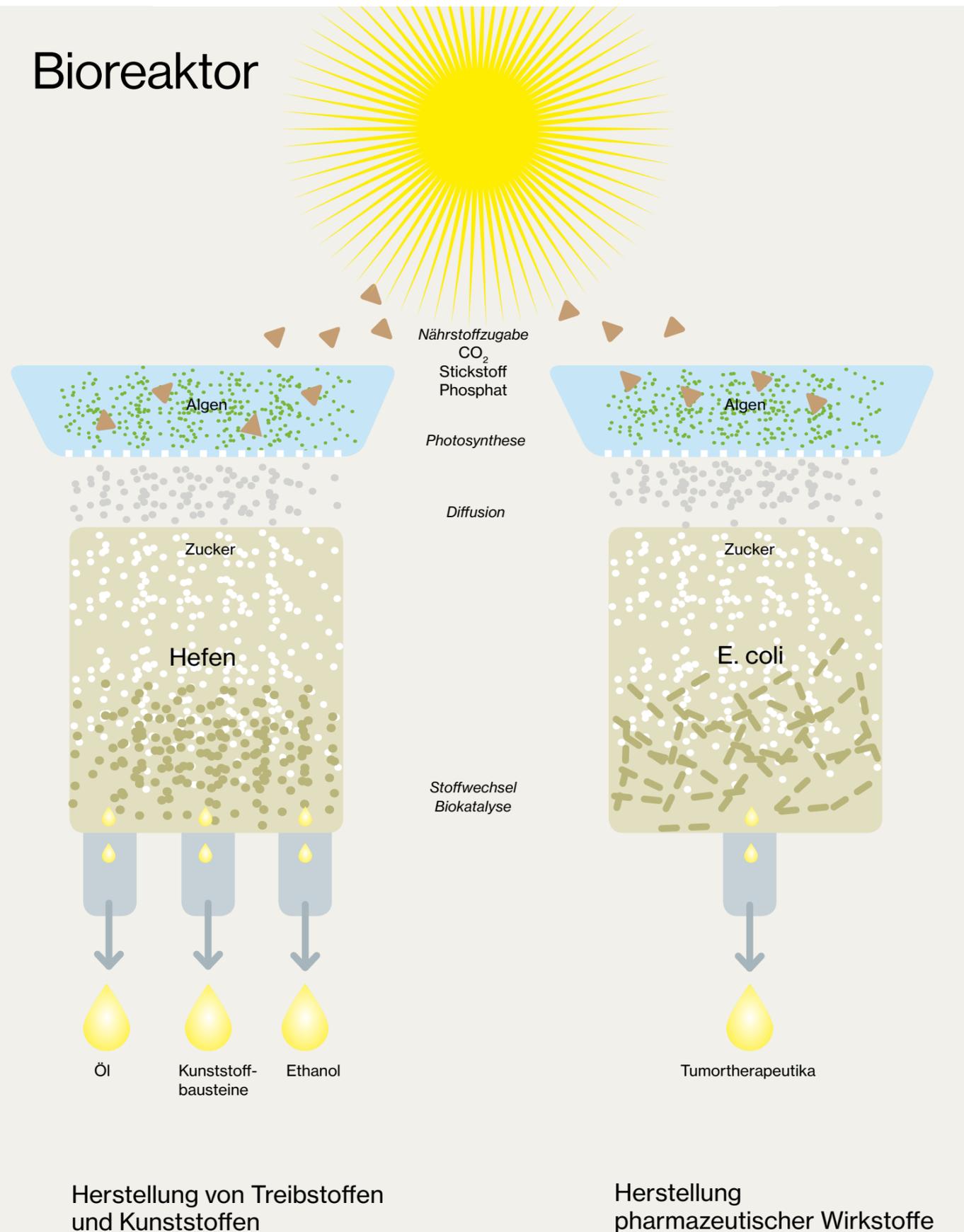
Bereits können erste Erfolge vermeldet werden. Die Forschenden identifizierten in Australien, Mexiko und in der

Adria verschiedene Salzwasseralgen, die sich als Ölproduzenten eignen. Sie haben die Algen im Labor mit UV-Licht bestrahlt und so neue genetische Stämme isoliert, die auch in sehr salzigem Wasser wachsen und sich durch eine sehr hohe Fettausbeute auszeichnen. Das Fett dieser Algen bildet die Basis zur Herstellung alternativer Biokraftstoffe. Zwei Algen sind bisher die Ertragreichsten: *Nannochloropsis sp.* aus der Karibik und *Dunaliella sp.* aus Australien. Beide Arten gedeihen auch in stark salzhaltigem Wasser; in diesem basischen Umfeld sind sie vor terrestrischen Verunreinigungen wie Pilzen und Bakterien geschützt – ein Vorteil gegenüber Süswasseralgen.

Wirtschaftskraft

Ein interessanter klimatischer Standort für die Algenproduktion wäre die Sahara. «Nur rund ein Prozent der Saharafläche würde ausreichen, damit beispielsweise der europäische Flugverkehr komplett mit Algenkraftstoff fliegen könnte», sagt Thomas Brück. «Wir hätten die Flächen aber auch in Europa», ist der Biochemiker überzeugt, «vor allem die Brachflächen in der Nähe der zerklüfteten griechischen Küsten würden sich perfekt als Standort von terrassierten Algenbassins eignen, auch das dortige Klima wäre ideal für die Algenproduktion.» Der Professor hat bereits Kontakte zur Universität Athen geknüpft. Das Projekt könnte für Griechenland eine Chance sein, die Abhängigkeit vom Tourismus zu reduzieren und eine grosse neue Einnahmequelle zu erschließen.

Bioreaktor



Thomas Brück, Inhaber der Werner Siemens-Stiftungsprofessur für Synthetische Biotechnologie.

Der perfekte Bioreaktor

Die Gruppe um Werner Siemens-Stiftungsprofessor Thomas Brück hat mehrere Bioraffineriekonzepte entwickelt, in denen Biomasse in chemische und pharmazeutische Bausteine umgesetzt werden kann. Doch damit gibt sich der Projektleiter nicht zufrieden.

Wovon träumen Sie?

Thomas Brück: Mein Traum ist ein Bioreaktor, mit dem die gewünschten Produkte schön abgetrennt voneinander produziert werden können.

Wie muss man sich diesen Bioreaktor vorstellen?

Es wäre ein grosser, mehrteiliger Bioreaktor aus dem 3-D-Drucker. Im obersten Abteil wären Algen, die mit Hilfe von Sonnenlicht, CO₂, Stickstoff und Phosphat Zucker produzieren. Dieser könnte nach unten ins nächste Abteil diffundieren und zum Beispiel dort befindliche Fetthefen ernähren. Die optimierten Fetthefen würden die produzierten Fette und Öle in die Umgebung abgeben. Dieses Öl könnte dann durch kleine Röhren in ein weiteres Abteil abfließen. Auch das Krebsmittel Taxol würden wir gerne so produzieren, indem im mittleren Abteil zum Beispiel die massgeschneiderten Darmbakterien *E. coli* genutzt würden.

Was wäre der Vorteil gegenüber dem heutigen Verfahren?

Der Knackpunkt besteht heute darin, den Bioorganismen ihr Stoffwechselprodukt abzurufen. Denn es braucht einiges, bis man das Produkt in reiner Form hat. Die komplexen und teuren Aufarbeitsverfahren würden bei der Nutzung von organismischen Bioreaktoren komplett entfallen, da die Zielprodukte in speziellen Kanälen abfließen. Das von uns anvisierte Bioreaktorsystem ist dem Aufbau menschlicher Organe wie der Niere nachempfunden.

Zahlen und Fakten

Projekt

Die Werner Siemens-Stiftung finanziert an der Technischen Universität München (TUM) den ersten Lehrstuhl für Synthetische Biotechnologie.

Unterstützung

Werner Siemens-Stiftungslehrstuhl für Synthetische Biotechnologie, Prof. Dr. Thomas Brück

Neue Lehrmodule für Studierende der Masterstudiengänge Industrielle Biotechnologie, Chemieingenieurwesen, Molekulare Biotechnologie und Biochemie

Erneuerung der Infrastruktur: Hochmoderne Labors und sanierte Büroflächen im Chemie-Gebäude der TUM in Garching

Anschubfinanzierung für das Konzept eines Schülerforschungszentrums, das den Nachwuchs für die Synthetische Biotechnologie begeistern will.

Mittel der Werner Siemens-Stiftung

11,5 Mio. Euro

Projektdauer

2016–2021

Leitung

Prof. Dr. Thomas Brück, Inhaber der Werner Siemens-Stiftungsprofessur für Synthetische Biotechnologie an der TUM

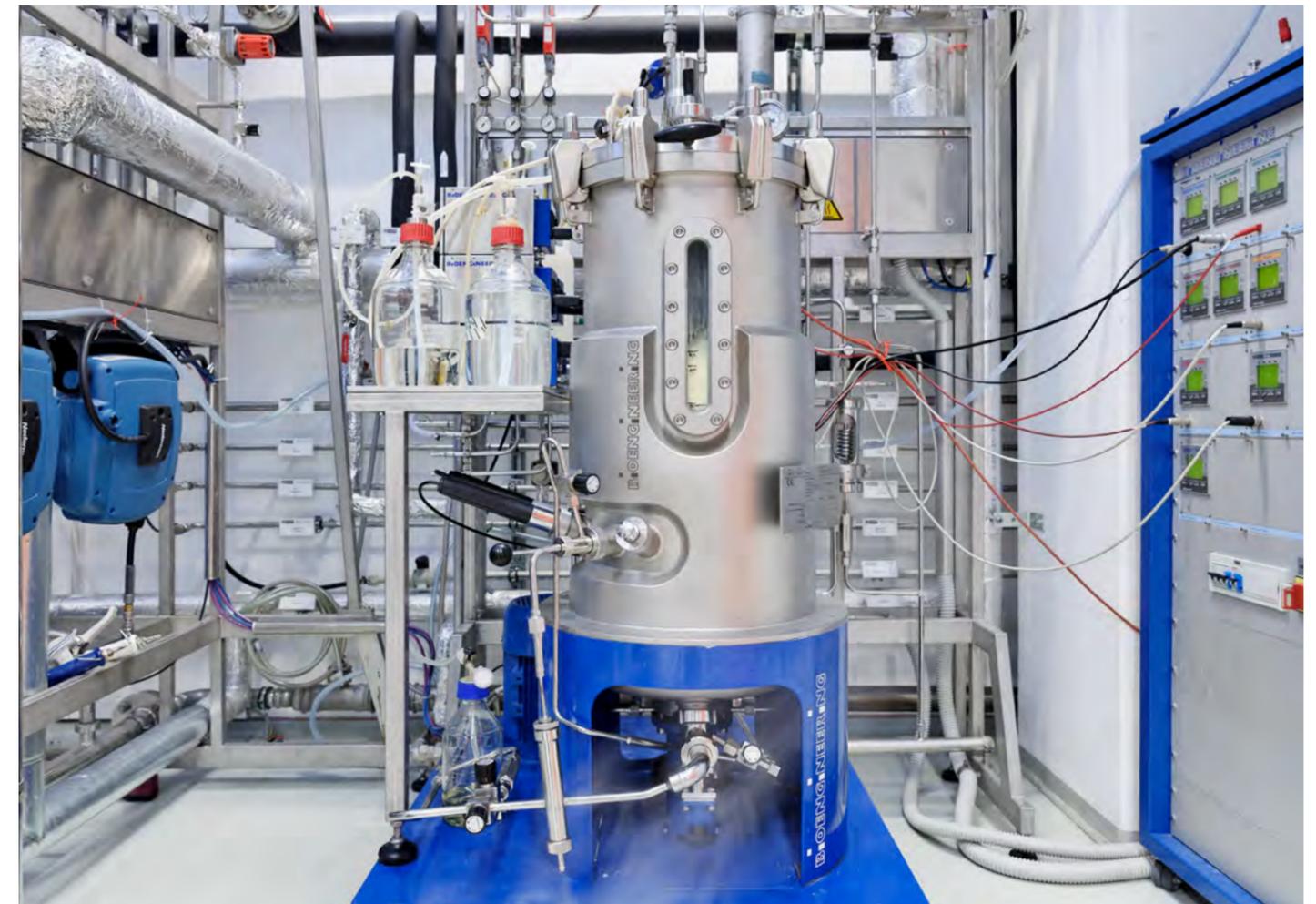
Industriepartner (Auswahl):

Airbus, Siemens, Evonik, Clariant, Bionorica, Phytowelt, Fuchs, Klüber Lubrication, Audi, BBSI, Nautilus Biosciences (Kanada), Apronex (Tschechien)

Akademische Partner (Auswahl)

University of Prince Edward Island (Kanada), The University of Queensland (Australien), Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz (Österreich), University of Angers (Frankreich), Technische Universität Graz (Österreich), Freie Universität Berlin (Deutschland), Fraunhofer Department BioCat (Straubing, Deutschland), Max-Planck-Institut für Kohlenforschung (Mülheim an der Ruhr, Deutschland)

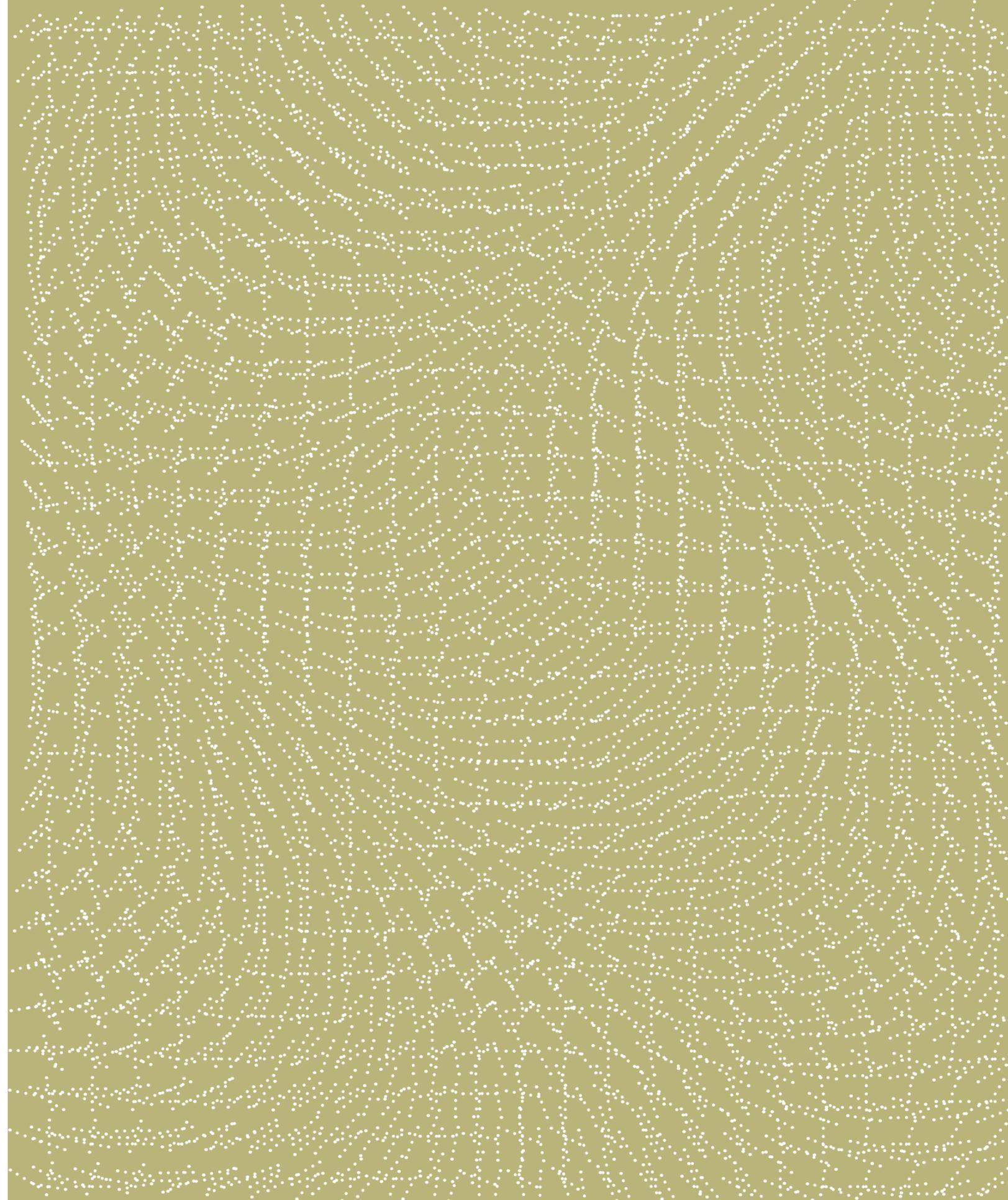
Sie ist nicht ganz so gross wie in der industriellen Produktion, aber funktionstüchtig von A bis Z: die Bioraffinerie an der Technischen Universität München.

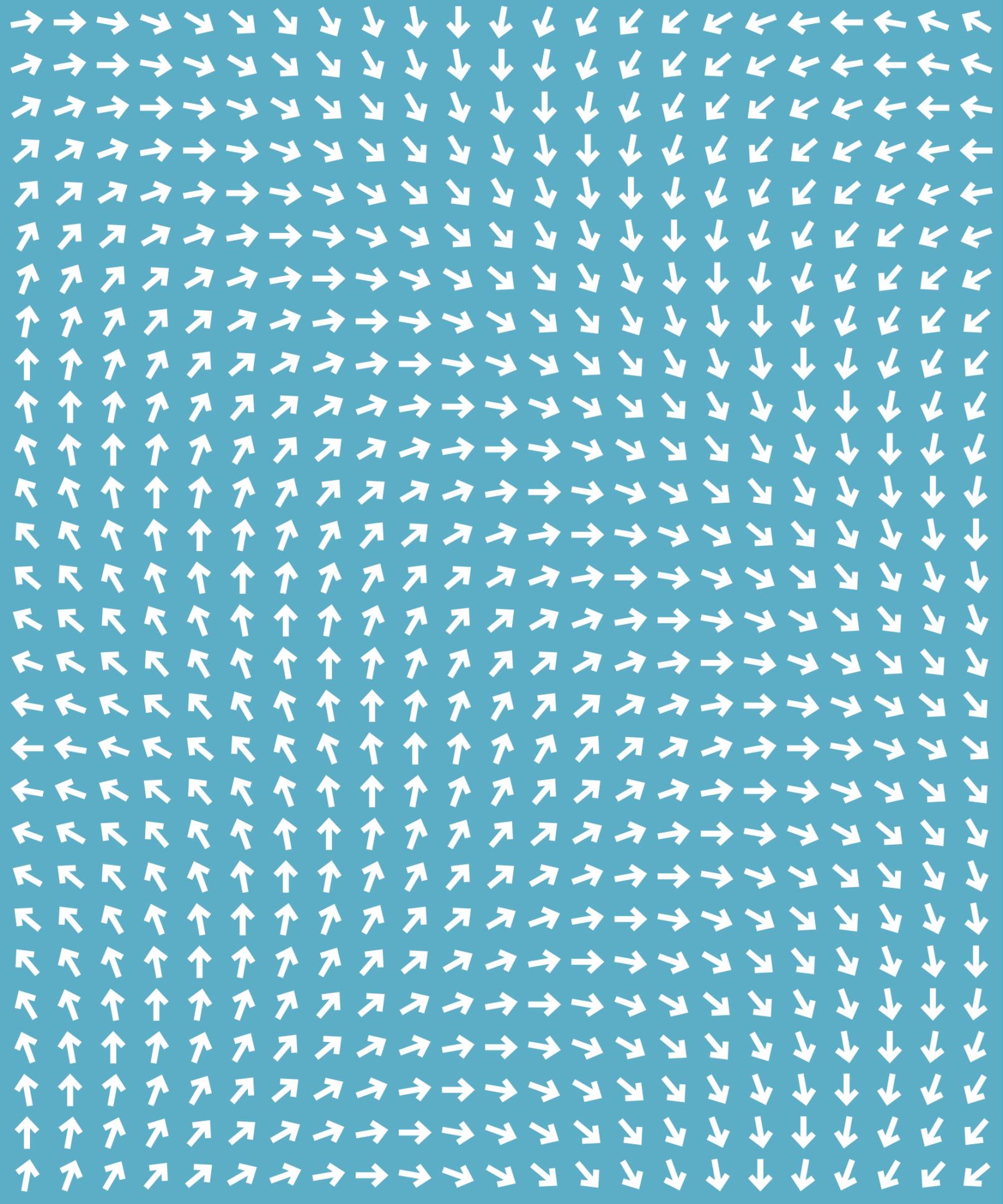


neuartig interdisziplinär erneuerbar

Innovation

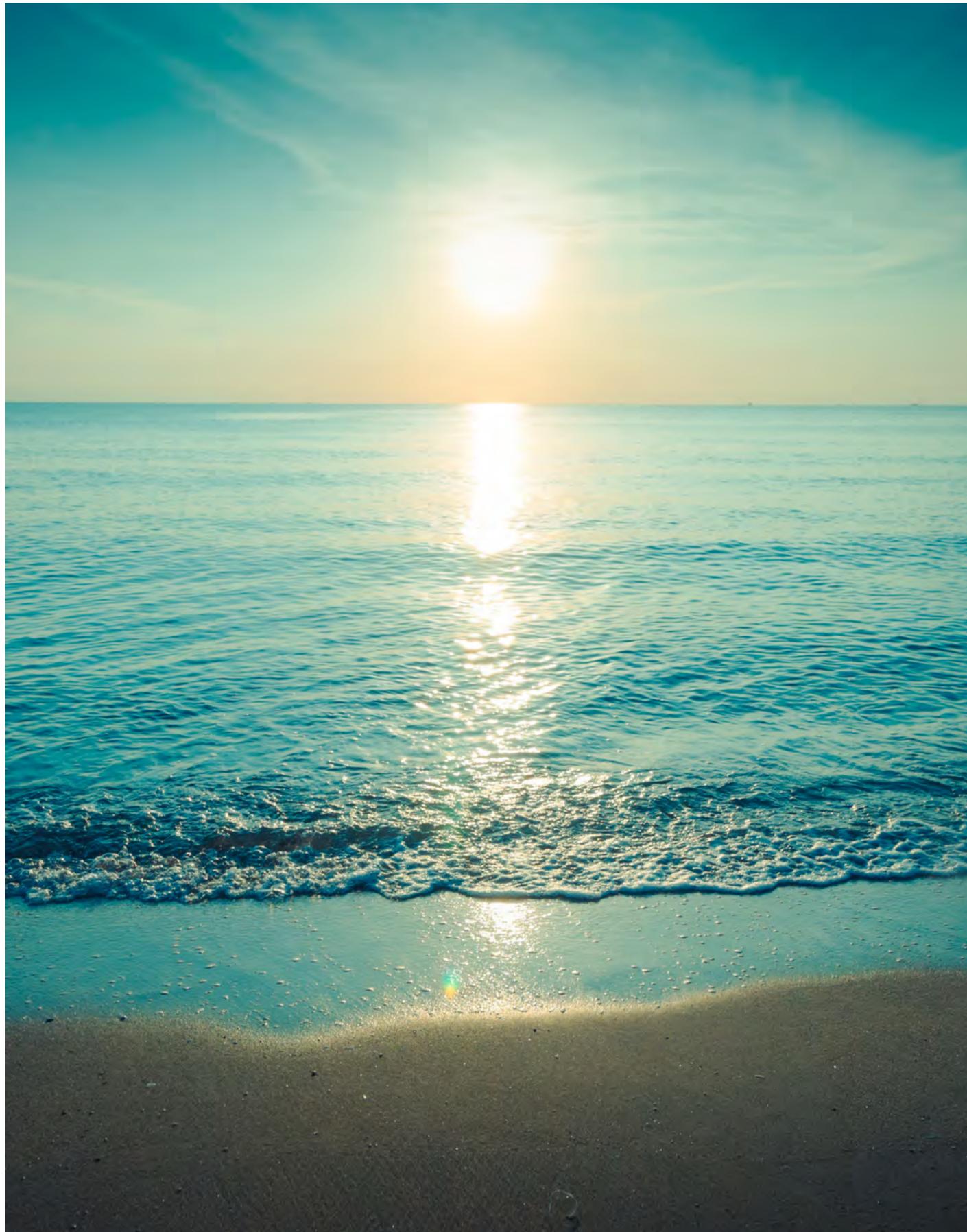
Die Werner Siemens-Stiftung unterstützt die Synthetische Biotechnologie an der Technischen Universität München, weil diese junge, vielversprechende Disziplin neue Verfahren entwickelt, um aus natürlichen Organismen erneuerbare chemische und pharmazeutische Stoffe industriell herzustellen.





Das reinste Schiff

Meeres- und Klimaforschung



Viele denken bei diesem Bild an Urlaub und süßes Nichtstun. Für die Meeresforscher hingegen bedeutet dieses schöne Blau eine Menge Arbeit. Arbeit, die sie gesucht haben. Hierhin werden sie in den nächsten Jahren aufbrechen, um das Meereswasser Kubikmeter für Kubikmeter zu analysieren. Auf einer Segeljacht, die eigens dafür gebaut wurde – eine Weltneuheit, die es schwer in sich hat und trotzdem leicht über die Wellen gleitet, ohne das Meer zu verschmutzen. Denn der Ozean verdient nur das Beste.

Meer in Sicht

Die Weltmeere spielen für unser Klima eine entscheidende Rolle. Sie nehmen die meiste Wärme auf und absorbieren das Treibhausgas CO₂. Doch auch für den Ozean gilt: Allzu viel ist ungesund. Hat die globale Erwärmung den Meeren bereits geschadet? Wie geht es dem Ozean heute? Das wird in den kommenden Jahren ein Forschungsschiff unter Segeln herausfinden – eine Weltneuheit. Finanziert wurde sie von der Werner Siemens-Stiftung.



Im Sommer 2018 geht es los: Das sauberste Forschungsschiff der Welt wird ausgewässert und bricht zur ersten Probefahrt auf.

In den letzten fünfzig Jahren haben sich die oberen 75 Meter der Meere um rund 0,11 Grad pro Dekade erwärmt. Insgesamt also um 0,55 Grad Celsius. Das klingt nach wenig, ist es aber nicht. Das Meer sollte nicht wärmer werden. Plus 1 Grad gilt heute als Limit (um so viel erwärmte sich die Atmosphäre im gleichen Zeitraum). Danach wird es heikel, sind sich die Forscher einig. «Nicht nur würde der Meeresspiegel unangenehm hoch steigen», sagt der Paläoklimatologe Gerald Haug. «Auch die Meeresströmungen könnten sich ändern.» Und das wiederum hätte fatale Auswirkungen auf das ganze Klima.

Gerald Haug ist Direktor des Max-Planck-Instituts für Chemie in Mainz und Professor an der ETH Zürich. Als mehrfach ausgezeichnete Paläoklimatologe weiss er viel darüber, wie es dem Klima früher ging, zum Beispiel während der Eiszeiten. Und er hat herausgefunden, dass starke Klimaänderungen zum Untergang von Hochkulturen beitragen können, so geschehen bei den Mayas und der chinesischen Tang-Dynastie. In den nächsten fünf bis zehn Jahren will er herausfinden, wie sich die Meere im Zeitalter der Klimaerwärmung verändern.

Gigantische Biomasse

Bisher hat der Ozean als gigantischer Wärme- und CO₂-Puffer gewirkt. Da er so riesig ist – zwei Drittel der Erde sind von Wasser bedeckt –, ist auch die Biomasse enorm, die er beherbergt. Die Pflanzen in den Meeren, insbesondere die Algen, nehmen mehr CO₂ auf als alle Landpflanzen zusammen. Die Meerespflanzen sind somit der wichtigste CO₂-Puffer auf der Erde. Doch damit nicht genug. Der Ozean leistet eine weitere

gigantische Arbeit: Er nimmt rund 90 Prozent der menschgemachten Wärme auf. Das geschieht nicht ganz «gratis». Der «Preis» dafür ist, dass sich das Meer erwärmt, dass es versauert und weniger Sauerstoff aufnehmen kann.

Permanenter El Niño droht

Wird der Ozean wärmer, beeinflusst das die grossen Luft- und Meeresströmungen – und damit ganz stark unser Klima. Es besteht die Gefahr, dass der klimabestimmende Golfstrom vom angestammten Kurs abkommt. «Ein um drei Grad wärmeres globales Klima wird vermutlich dazu führen, dass wir permanent mit dem Wetterphänomen El Niño konfrontiert wären», sagt Gerald Haug. Bisher trat El Niño alle zwei bis sieben Jahre zwischen Südamerika und Indonesien und Australien auf. Dabei kam es zu ungewöhnlich hohen Wassertemperaturen vor der amerikanischen Küste, die Fische starben massenweise, und gewaltige Niederschläge, Überschwemmungen und Orkane verwüsteten grosse Landstriche in Süd- und Nordamerika.

Wie geht es dem Ozean heute?

Viele der komplexen Wechselwirkungen zwischen Wasser, Sonne, Luft, Boden und Lebewesen kennt man heute. Doch noch lange nicht alle. Wie sich der Ozean in einem wärmeren Klima verändert, das soll systematisch untersucht werden, beschlossen Gerald Haug und sein Team vor einigen Jahren. Wie geht es dem Ozean physikalisch (Temperatur, Salzgehalt), biologisch (Algen, Kleinstlebewesen) und chemisch (Gehalt an O₂, CO₂ und Spurenmetallen), und wie entwickelt er sich über die nächsten zehn bis fünfzehn Jahre?



Der Rumpf des Forschungsschiffs «Eugen Seibold» ist fertig, nun geht es an den Innenausbau und die Installation der zahlreichen Messinstrumente.



Der Initiator des weltweit grünsten Forschungsschiffs: Gerald Haug, Direktor des Max-Planck-Instituts für Chemie in Mainz und Professor an der ETH Zürich.

Ökologischer als bisher

Es ist eine Herkulesaufgabe, die Meere so umfassend zu untersuchen – und benötigt mehr Forschungsschiffe. «Unsere Studien sind vor allem spannend, wenn wir sie sommers wie winters durchführen können», sagt Haug, «dieser saisonale Unterschied ist für das Verständnis des Klimas entscheidend. Dazu bräuchten wir alle drei Monate ein Schiff – das würde sehr teuer.» Die deutschen Forschungsschiffe «Sonne» und «Meteor» kosten zirka 40 000 Euro pro Tag. Sie müssten drei Jahre im Voraus gebucht werden, für gerade mal vier Wochen Nutzungsdauer. Und sie kontaminieren mit ihren Stahlrümpfen und Motoren das Wasser und die Atmosphäre, die untersucht werden. Auch sind sie für viele Untersuchungen zu gross und schwer. «Manchmal ziehen diese teuren Riesenschiffe nur 60 cm grosse Netze hinter sich her, in denen Plankton gesammelt wird», weiss Gerald Haug. Und die bestehenden Forschungsschiffe sind oft nicht verfügbar, wenn sich forschungsrelevante Ereignisse ankündigen. «Der letzte El Niño vor eineinhalb Jahren war vorhersehbar. Dass kein Forschungsschiff verfügbar war, um die Bio-Geo-Chemie des El Niño zu untersuchen, ist aus wissenschaftlicher Sicht mehr als bedauerlich», sagt Gerald Haug. «Denn wir spüren bis heute die Nachwirkungen, zum Beispiel die Trockenheit am Horn von Afrika, die zu Hungersnot geführt hat.»

Eine Vision wird Realität

Aus diesen Gründen fingen Gerald Haug und sein Team an, über das optimale Forschungsschiff nachzudenken: Das Schiff sollte alle wichtigen Untersuchungsinstrumente an Bord haben und trotzdem leicht und schnell sein ... Es dürfte das Meer und die Atmosphäre nicht mit Abgasen verschmutzen ... Es müsste der Forschergruppe jederzeit zur Verfügung stehen ... und bezahlbar sein. Gerald Haug suchte nach Verbündeten für seine Vision und fand sie 2015 im erfolgreichen deutschen Werftbesitzer Michael Schmidt – und in der Werner Siemens-Stiftung, die den Bau des innovativen Forschungsschiffs finanzierte.

So ist in den letzten zwei Jahren das grünste Forschungsschiff der Welt entwickelt worden: eine schnelle und sichere Segeljacht, die an Bord alle nötigen Analysegeräte installiert hat, um die Ozeane ökologisch und bezahlbar zu untersuchen. Sie wird im Mai 2018 auf den Namen «Eugen Seibold» getauft werden, zu Ehren des mehrfach ausgezeichneten, 2013 verstorbenen deutschen Meeresgeologen.



Was die «Seibold» alles kann

Im Sommer 2018 geht es los. Die «Seibold» bricht zu ihrer ersten Forschungsreise auf, zu den Kanarischen Inseln und den Kapverden. Dort wird die 6-köpfige Crew das Meer umfassend «beprobieren», biologisch, chemisch und physikalisch. Und das geht so: Nachts segeln die beiden Kapitäne zu einem bestimmten Meeresgebiet, wo dann tagsüber die Wissenschaftler etwa zehn Stunden lang Wasser-, Phytoplankton- und Zooplankton-Proben entnehmen und analysieren. «Das ist sehr anstrengend», weiss der «Erfinder» des Schiffs, Paläoklimatologe Gerald Haug, aus eigener Erfahrung. Deshalb steuert die «Seibold» alle drei Wochen einen Hafen an, die Crew wird ausgewechselt, und das Schiff macht eine Woche Pause.



1 Segel

Die «Seibold» ist sehr schnell. In einem Jahr würde sie es schaffen, einmal rund um die Welt zu segeln – und die Forschenden könnten dabei sorgfältig Proben nehmen. Für das Tempo von 8 bis 10 Knoten sorgen die etwa 350 m² Segelfläche.

2 Hybridmotor

Als Sicherheit wird ein Hybridmotor (Diesel und elektrisch) in der «Seibold» eingebaut, falls wider Erwarten auf hoher See Windflaute aufkommt oder eine Weiterreise aus anderen Gründen wie Sturmwarnung erforderlich wird. Das Schiff führt jeweils 4000 Liter Diesel als Reserve mit. Damit käme die Crew von der Mitte des Atlantiks an Land. «Aber der Anspruch ist, das grünste Forschungsschiff der Welt zu betreiben», sagt Gerald Haug. «Doch ohne Dieselmotor darf man nicht auf See.»

3 Schiffsschraube

Die Schiffsschraube der «Seibold» ist aussergewöhnlich gross, denn sie treibt den Generator an, der elektrischen Strom erzeugt. Der Strom wird in einer 80-kWh-Lithium-Batterie gespeichert.

chert. Diese Energie reicht für zirka 10 Stunden Probenahmen. Der Generator sorgt auch für den elektrischen Vortrieb, und er stellt die Energie für das Labor mit Massenspektrometern, Analysegeräten, Kühl- und Gefrierschränken zur Verfügung.

4 Multisensor

Den Multisensor kann man ins Wasser hinunterlassen. Dort erstellt er in unterschiedlichen Tiefen bis 2500 Meter ein physikalisches Profil: Temperatur, Salzgehalt, pH-Wert, Fluoreszenz, Chlorophyll etc. So lassen sich die Schichtung, die Nährstoffzufuhr und der Austausch zwischen oberen und unteren Schichten untersuchen.

5 Massenspektrometer

Um die Sauerstoff- und Kohlenstoff-Isotope ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$) und andere Parameter zu messen, wird das Meerwasser fortlaufend mit einem Massenspektrometer gemessen. So erfährt man, wie viel Sauerstoff die Meerespflanzen bei der Photosynthese produzieren – von den Forschern «biologische Produktivität» des Ozeans genannt. Auch Metall-Isotope lassen

sich mit dem Massenspektrometer messen, sie werden in den Labors am Max-Planck-Institut für Chemie, an der ETH Zürich und mit den internationalen Partnern aufwendig analysiert.

6 Staubsauger

An Bord der «Seibold» befindet sich ein grosser «Luft-Staubsauger» mit einem zehn Meter langen Rüssel am Mast. Der Rüssel wird möglichst hoch in die Luft gestreckt und saugt die Luft direkt ins Labor zur Analyse. In der Luft gibt es unter anderem Staub, der eine sehr wichtige Rolle im Klimasystem spielt: Staub kann zum Beispiel abkühlend wirken, da er die Sonneneinstrahlung reflektiert. Ausserdem enthält Staub Eisenpartikel und andere Mikronährstoffe. Diese düngen das Meerwasser und lassen die Algen wachsen, was zu einer Reduktion des CO₂ führt.

7 Netze

Mit neu konstruierten, speziell leichten Planktonnetzen können Meeresbewohner wie Foraminiferen (einzellige Tiere mit Kalkschale) «gefischt» werden, welche die wichtigsten Signalträger in der Paläoklimaforschung sind.

8 Flow Cytometer

Das Flow Cytometer zeichnet auf, welche Kleinstlebewesen wie Picoplankton (zum Beispiel Cyanobakterien) und Algen im Wasser vorkommen. Am belebtesten sind die oberen 500 Meter des Meeres, weil die Sonnenstrahlen bis dorthin gelangen. Teils lassen die Forscher ihre Sonden auch weiter hinter, bis zu 2,5 Kilometer tief.

9 Chlorophyll

Algen bilden Chlorophyll, um Photosynthese zu betreiben. Die Menge Chlorophyll zeigt die biologische Produktivität der Algen an.

10 CO₂-Speicherung

Die Menschen lassen jedes Jahr etwa 10 Gigatonnen Kohlenstoff in die Atmosphäre, der zu CO₂ oxidiert wird. Der Ozean nimmt ca. 25 Prozent davon auf, wodurch er versauert, was für Meerestiere und -pflanzen ein Problem ist. Je weiter weg man vom Nordatlantik in den Pazifik fährt, desto mehr abgestorbene Biomasse findet man im tiefen Ozean vor. Der tiefe Ozean hat 60-mal mehr CO₂ als die Atmosphäre. Ausserdem ist er sehr gut geschichtet. Die

thermische Schichtung in den niedrigen Breiten und den polaren Regionen bildet eine Art «Deckel» und hält das CO₂ in der Tiefe. Der «Deckel» des Nordpazifiks und der Südsee ist aber nur ca. 200 bis 400 Meter dünn. Wenn man die Erde und den Ozean erwärmt, verschwinden diese Deckel, die wie eine Süswasserlinse obenauf schwimmen. Dadurch gelangt mehr CO₂-reiches Wasser aus der Tiefe an die Oberfläche, wo der Ozean das gespeicherte CO₂ in die Atmosphäre abgibt. Wodurch sich diese weiter erwärmt.

11 pH-Wert

Der Ozean ist basisch. Er hat heute einen pH-Wert von 8,1. Durch die Aufnahme von atmosphärischem CO₂ ist der Ozean seit der industriellen Revolution vor 150 Jahren um etwa 30 Prozent saurer geworden, von pH 8,2 auf 8,1. Durch diese negative Rückkopplung nimmt er weniger CO₂ auf, seine Speicherkapazität vermindert sich.

12 Kunststoff-Detektor

Plastik im Ozean hat katastrophale Auswirkungen, da er nicht abbaubar ist und zum Beispiel von Fischen und

Vögeln gefressen wird, die daran verenden. Mikroplastik kann sich im Gewebe ablagern und zu Vergiftungen oder Unfruchtbarkeit führen. Letztendlich gelangt Mikroplastik in die Nahrungskette und teils auch in den menschlichen Körper.

13 Temperatur und Salzgehalt

Sensoren am Rumpf messen die Temperatur und den Salzgehalt des Meerwassers. Mit der Klimaerwärmung könnte Grönland abschmelzen und den Golfstrom mit Süswasser verdünnen. Dadurch würde der Nordatlantik weniger salzig und das Wasser weniger schwer. Heute sinkt der Golfstrom wie ein Wasserfall in den tiefen Nordatlantik und schiebt die Zirkulation an, bis die Wasserpartikel nach 2000 Jahren im Pazifik wieder hochkommen. Das nennt man das «globale Salzförderband». Manche Wissenschaftler vermuten, dass es in einem wärmeren Ozean gestört würde.

Zahlen und Fakten

Unterstütztes Projekt

Die Werner Siemens-Stiftung hat den Bau des innovativen Forschungsschiffes «Eugen Seibold» finanziert. Das Max-Planck-Institut wird den Betrieb des Schiffs und die Datenauswertung übernehmen; dazu werden 6 Postdoktoranden, 6 Doktoranden und 1 Labortechniker beschäftigt.

Mittel der Werner Siemens-Stiftung

3,5 Mio. Euro

Projektdauer

2015–2018

Leitung

Prof. Dr. Gerald Haug, Direktor des Max-Planck-Instituts für Chemie in Mainz und Professor an der ETH Zürich

Partner (Auswahl)

Michael Schmidt Yachtbau GmbH,
Greifswald, Deutschland
Max-Planck-Institut für Chemie
in Mainz, Deutschland
ETH Zürich, Schweiz



Gemeinsames Engagement für die Weltmeere: Werft-CEO Johannes Malzahn, Werftbesitzer Michael Schmidt und «Reinstdschiff-Erfinder» Professor Gerald Haug (rechts).

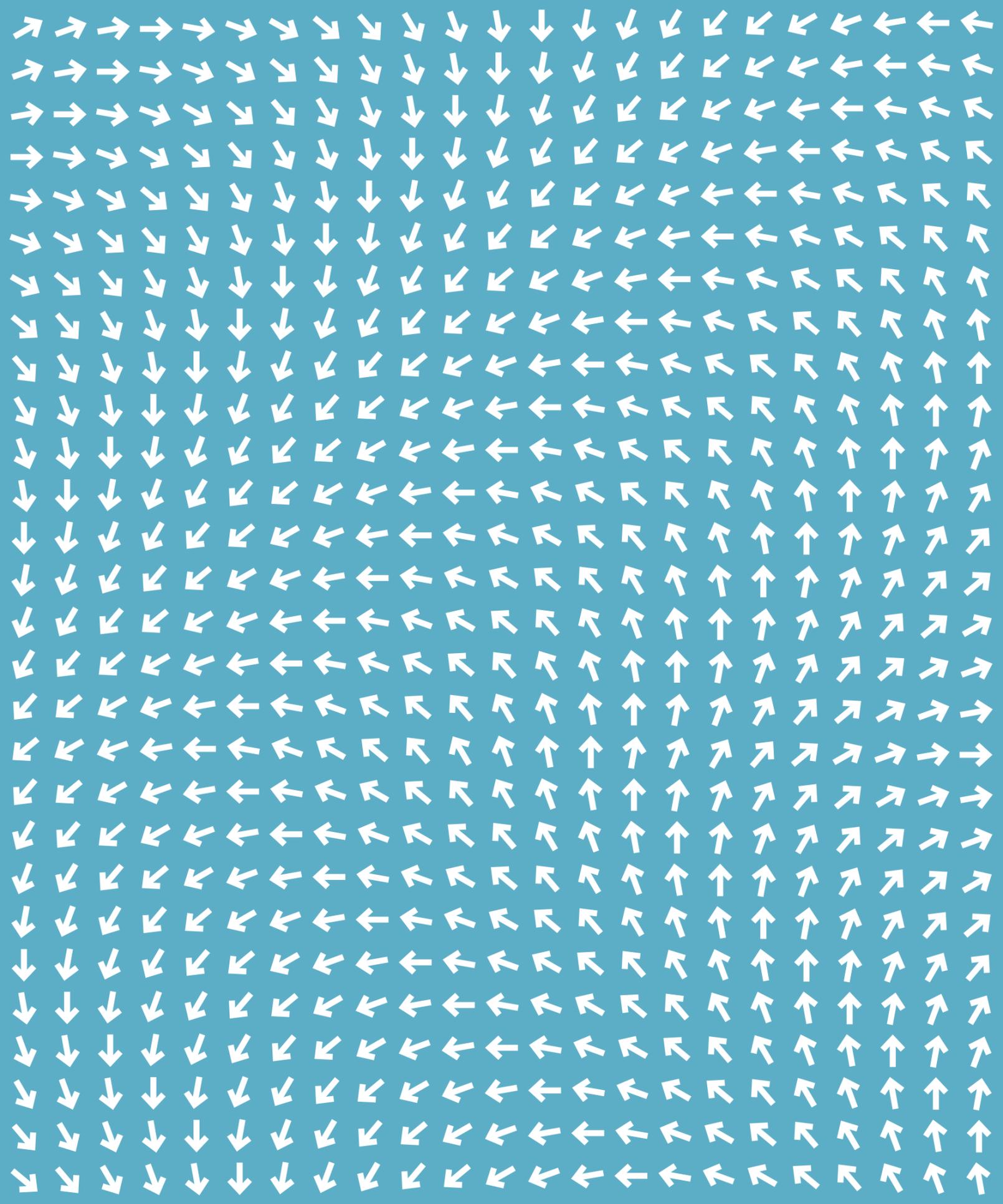
Blick in die Werfthalle in Greifswald, Deutschland.

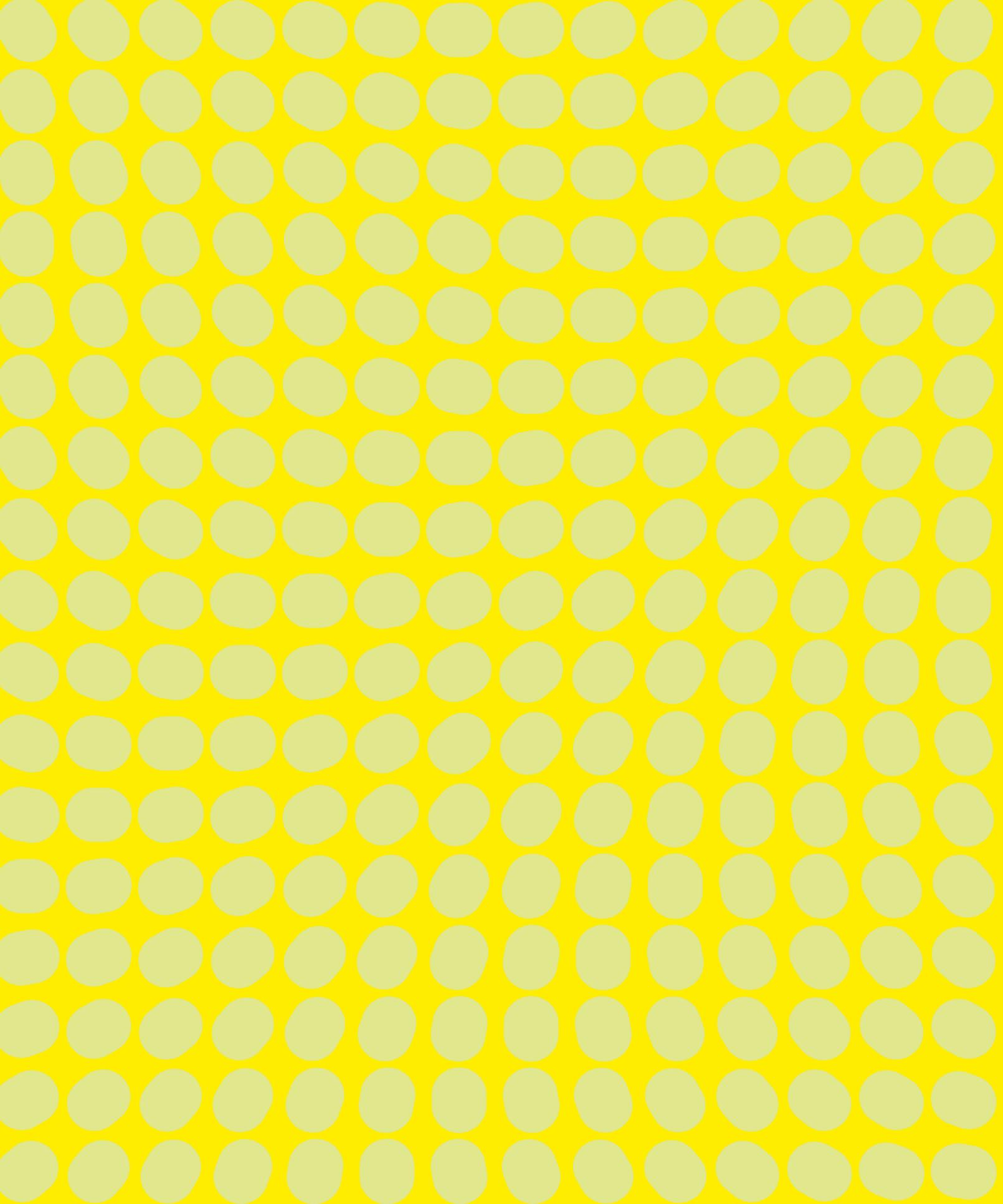


sauber
leicht
günstig

Innovation

Die Werner Siemens-Stiftung finanzierte den Bau der «Eugen Seibold», denn dieses Forschungsschiff beprobt die Meere unschlagbar sauber.





Offener Geist

Begabtenförderung in den MINT-Fächern



Sich an Unbekanntes heranzuwagen, es einfach mal ausprobieren, spielerisch und voller Energie – diesen offenen Geist schätzen hochbegabte Studentinnen und Studenten an den Sommerakademien, die von der Werner Siemens-Stiftung unterstützt werden.



Die Studentinnen und Studenten, die an einer der vier Sommerakademien der Schweizerischen Studienstiftung teilnehmen dürfen, leisten nicht nur in ihrem Studium Hervorragendes – sie sind auch neugierig auf neue Herausforderungen. Nicht wenige der achtzig Teilnehmenden wählen für die Studienwoche ein ihnen unbekanntes Thema.

Sommerzeit für neue Verbindungen

So ähnlich muss es in der Antike zu und her gegangen sein: Erfahrene Gelehrte scharen wissbegierige junge Erwachsene um sich, geben ihnen ihr Wissen weiter und lernen von ihren Fragen und kritischen Anmerkungen. Keine Prüfung droht und verleitet zu schnellem Auswendiglernen. Die Gruppe sitzt im Garten, nahe des Sees, man hört sich zu, diskutiert, in den Palmen zwitschern die Vögel.

Die beschriebene Szene spielt sich jedoch nicht im antiken Athen ab, sondern im September 2017 an einer Sommerakademie im Tessiner Städtchen Magliaso. Die Gelehrten sind der Anthropologe und Zoologe Professor Carel van Schaik und der emeritierte Theologieprofessor Hans-Peter Mathys. Die beiden leiten zusammen die Sommerakademie «Kulturelle Evolution und Religion» und sitzen mit den Teilnehmenden in der Parkanlage des Tagungszentrums Centro Evangelico. Eben haben sie die Frage eines Physikstudenten aufgegriffen, weshalb sich gerade das Christentum gegenüber den anderen Religionen durchsetzen konnte. «Sicher spielte es eine Rolle, dass Christus sich den Menschen zuwandte und sich um alle kümmerte, um die Bauersfrau ebenso wie um den Lahmen, dass er kein unnahbarer Gott war wie jener des Judentums und dass er auch nicht gleichgültig gegenüber den Menschen blieb wie die antiken Götter, davon hatten die Leute damals genug», überlegt Theologe Hans-Peter Mathys, «und dann war die Sprache des Christentums Griechisch, nicht etwa Latein, wie viele denken; und Griechisch war damals das heutige Englisch.» So gibt ein Gedanke den nächsten, und viele sind neu und inspirierend für die jungen Leute in der Runde, die Physik studieren oder Biologie.

Ganz ähnlich geht es im Nachbargebäude zu und her, nur dass dort die Sommerakademie «Big Data» stattfindet und Algorithmen, Entscheidungsbäume und «false positives» diskutiert werden. Die Studentinnen und Studenten brüten über dem Problem, dass statistische Untersuchungen von grossen Datenmengen immer wieder auch unsinnige Zusammenhänge hervorbringen und falsche Resultate liefern: zum Beispiel «Grüne Jelly Beans (Candys) bewirken Akne». Co-Kursleiter Servan Grüniger beginnt mit seinen Erklärungen, ein paar verstehen es auf Anhieb und äussern ihre Vermutungen, andere tippen eifrig in ihre Laptops. Wer bisher noch nichts mit Statistik und Big Data zu tun hatte, konnte am Morgen einen Crashkurs dazu absolvieren, das scheint nun Früchte zu tragen. «Es ist uns wichtig, dass alle mitdenken und etwas ausprobieren können», ist Servan Grünigers Credo, «auch die Medizinstudentin oder der Philosoph.»

Zwei Häuser weiter zerbrechen sich zwanzig junge Erwachsene den Kopf darüber, wie sie mit bescheidenen Ressourcen eine vernünftige Gesundheitsversorgung hinkriegen könnten. In Gruppen haben sie verschiedene Aufgaben gelöst und anschliessend ihre Ideen im Plenum vorgestellt. Die Leiterin Aliya Karim hat die Vorschläge kurz evaluiert und gibt nun jeder Gruppe Feedback. «Ihr habt euch gesteigert», ruft sie den einen zu, «aber eure Ideen können noch besser werden, weiter geht's! 85% isn't good enough.» Um dann lächelnd zur erstaunten Reporterin zu flüstern: «That's not true, they're doing well.» «Gesundheit managen mit begrenzten Ressourcen» heisst diese Sommerakademie und fordert den teilnehmenden «artfremden»

Ingenieurinnen, Mathematikern und Informatikerinnen ganz neues, ungewohnt pragmatisches Denken ab.

Zu den drei Sommerakademien eingeladen hat die Schweizerische Studienstiftung. Dafür bewerben konnten sich herausragende Hochschul-Studentinnen und -Studenten aus der ganzen Schweiz. Bewusst werden immer alle Studienrichtungen angesprochen, die meisten sind aber begabte junge Leute, die MINT-Fächer studieren, also Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften oder Technik. So trifft sich an den Sommerakademien jeweils eine kunterbunte Schar von sechzig bis achtzig angehenden Bauingenieuren, Physikerinnen, Biologen, Philosophinnen, Informatikern und Ärztinnen.

Viele sind bereits das zweite Mal hier, weil ihnen die Idee der Sommerakademie enorm zusagt: Neues lernen in intensivem Austausch mit spannenden Expertinnen und Experten, aber auch mit zahlreichen Gleichaltrigen, die neugierig, offen und voller Wissensdurst sind. Doch nicht nur persönlich ist es bereichernd, neue Freundschaften für eine Woche oder ein ganzes Leben zu schliessen. Die vielfältigen Kontakte werden ihnen auch später im Berufsleben nützen, das ist ihnen klar. Dann, wenn sie in Schlüsselpositionen arbeiten, an komplexen Projekten, wenn sie ein Team leiten oder gar einen Konzern. Dann ist es hilfreich, wenn man über ein breitgefächertes Netzwerk verfügt, das bei Problemen, die man nicht selbst lösen kann, weiterhilft.

Diese Überlegungen, wie der Nachwuchs in den MINT-Fächern am besten gefördert werden kann, hat sich auch die Werner Siemens-Stiftung gemacht. 2016 beschloss sie, jedes

Jahr ausgewählte Sommerakademien der Schweizerischen Studienstiftung zu finanzieren. «Die angehenden Führungskräfte im MINT-Bereich sollen keine Nerds werden, sondern einen breiten Horizont haben und über soziale Kompetenzen verfügen», sagt Peter Athanas von der Werner Siemens-Stiftung. «Es ist wichtig, dass sie die verschiedenen Herausforderungen unserer Zeit kennen und motiviert sind, in der Gesellschaft eine Rolle zu spielen, dass sie etwas bewirken wollen und sich dafür mit ihren überdurchschnittlichen Fähigkeiten einsetzen.»

Der Nachmittag ist um, um halb sieben ruft Glockengeläut zum gemeinsamen Abendessen. Die Studierenden und die Leiter der Sommerakademien strömen in den Speisesaal des Centro Evangelico in Magliaso und setzen sich an die grossen runden Tische. Einer holt sich das Vegi-Menu, die andere das Rindsgeschneuzelte. Man isst zusammen und lernt sich besser kennen, und gelegentlich schwatzt man auch mit den älteren Herrschaften an den Nebentischen, die die Wanderlust nach Magliaso geführt hat, oder mit jemandem der Behindertengruppe im Rollstuhl, die im Centro Evangelico Ferien macht. So bekommen die Hochbegabten ganz nebenbei auch noch eine Ahnung davon, über wie viele Privilegien sie verfügen: Sie sind gesund und können vor den Lektionen noch schnell im kühlen Luganersee schwimmen gehen; sie sind jung und erholen sich bei abendlichen Gesprächen bis Mitternacht, statt zu schlafen; sie sind so leistungsfähig, dass sie sich am freien Tag nicht ausruhen, sondern den 4-stündigen Marsch vom Monte Lema zum Monte Tamaro in Angriff nehmen. Plus zwei Stunden Auf- und zwei Stunden Abstieg.



Gruppenarbeit wird an den Sommerakademien grossgeschrieben.



Maximilian Mordig

studiert *Physik und Computational Science and Engineering*, Sommerakademie «Gesundheitsmanagement mit begrenzten Ressourcen», 20 Jahre alt

«Ich konnte vier Klassen überspringen, mit 15 machte ich Matura und begann an der ETH Lausanne Physik zu studieren – wegen dem Französisch und weil mir die legere Lebensart der Romandie zusagt. Mit 20 habe ich meinen Master gemacht. Da ich anfangs noch jung war, wohnte ich zuerst bei einer Gastfamilie in Lausanne. Am Wochenende fuhr ich oft heim zu meiner Familie im Baselbiet. Meine Eltern sind Ärzte, ich habe noch zwei Brüder und eine Schwester. Wir sind eine sportliche Familie, ich jogge und fahre Velo.

Am produktivsten bin ich unter Zeitdruck und wenn ich mehrere Dinge gleichzeitig tue. Kurz vor der Deadline fallen mir die besten Ideen ein. Parallel zum Studium lese ich die verschiedensten Bücher, letzthin von Balzac und Albert Schweitzer. Auch lerne ich gerne neue Orte kennen. Mit 16 war ich acht Wochen in Qingdao, um Chinesisch zu lernen. Anfangs verstand ich gar nichts und konnte nicht einmal Essen bestellen, das war ziemlich ungewohnt. Nach drei Wochen ging es recht gut.

Als nächstes werde ich die Rekrutenschule absolvieren, am liebsten als Sanitäter oder Gebirgsspezialist. Im Militär bin ich gezwungen, mit den verschiedensten Leuten auszukommen – das werde ich brauchen können, wenn ich einmal in einer Führungsposition bin. Meine strukturierte Art zu denken ist ja nur eine unter vielen. Ich möchte Professor für Theoretische Mathematik werden. Mir gefällt Algebra sehr, alles basiert auf Grundannahmen und Definitionen, darauf baut man auf und kommt schliesslich zu schönen Resultaten – das hat für mich etwas Magisches. Ich könnte mir aber auch vorstellen, später einmal ein Informatik-Start-up zu gründen. Wenn ich zu lange das Gleiche mache, wird mir langweilig.»

Joy Schuurmans Stekhoven

studiert *Elektrotechnik und Informationstechnologie*, Sommerakademie «Kulturelle Evolution und Religion», 22 Jahre alt

«Das Flair für technische Berufe habe ich von meinem Vater, er leitet ein medizintechnisches Unternehmen. Das hat mich immer begeistert: dass man mit Technik wie zum Beispiel Prothesen sehr vielen Menschen helfen kann. Obwohl ich emanzipierte Eltern habe, glaubte ich eine Zeit lang, dass ich als Mädchen einfach nicht gut in Mathematik sein könne. Gottseidank hat sich das gelegt – denn ich liebte es schon als Siebenjährige, einfache Gleichungen, die mein Vater mir aufgab, zu lösen. Heute würde ich mich als Feministin bezeichnen, allerdings beziehe ich den Feminismus nicht nur auf Frauen – auch Männer erfahren Einschränkungen. Es braucht in unserer Gesellschaft noch einige Anstrengungen, bis niemand mehr aufgrund seines Geschlechts diskriminiert wird.

Die Sommerakademie zu «Kulturelle Evolution und Religion» war für mich erste Wahl. Vielleicht auch aufgrund meiner Reisen letztes Jahr nach Japan, Indonesien, Thailand und Australien, wo ich mit doch recht unbekannteren Formen von Religion in Berührung gekommen bin. Ich selbst bin Atheistin, doch meine Eltern sind gläubige Christen, und als Kind war ich ebenfalls gläubig. Auch wenn ich heute nicht mehr an Gott glaube, muss ich anerkennen, dass Religion sehr gemeinschaftsstiftend sein kann, eine bestimmte Ruhe gibt und in manchen Situationen nützlich ist.

Zeitgenössische Kunst fasziniert mich, ich besuche oft Museen. In Singapur sah ich eine ziemlich verrückte Ausstellung zu Transhumanismus; ein Künstler präsentierte sein Projekt einer Batterie, in der die Energie von Toten gespeichert wird – da stellt sich gleich die Frage, was man denn mit dieser Batterie betreiben möchte ...»

Roman Blum

studiert *Mikrotechnik*, Sommerakademie «Kulturelle Evolution und Religion», 23 Jahre alt

«Als Jugendlicher habe ich oft Velos umgebaut. Mit dem Ziel, sie ohne Zusatzteile zu Fixies umzubauen. Das hat zwar mehr oder weniger funktioniert, sie waren aber kriminell zu fahren. Vor einem Jahr habe ich mir ein richtiges Fixie gekauft. Mich fasziniert deren spezielle Fahrtechnik.

Ich habe die zweisprachige Matura (Deutsch/Englisch) mit Schwerpunkt Russisch abgeschlossen und studiere jetzt Mikrotechnik an der ETH Lausanne. Ich habe das Gefühl, dass ich in den Naturwissenschaften am meisten bewirken kann. Es reizt mich, etwas Neues zu erschaffen, das objektiv besser ist als das Alte. Mein Traum ist ein Computer, der nicht Elektronen, sondern Photonen zur Informationsübertragung nutzt.

Seit gut zwei Jahren bin ich passionierter Fotograf. Vor meinem Studienaufenthalt in Schweden habe ich mir eine Spiegelreflexkamera gekauft, seither begleitet sie mich überallhin. Ich nehme Landschaften, Städte, Personen und selbst arrangierte Stillleben auf – und allerlei Events der Association des Etudiants en Microtechnique.

Meine bisherigen Führungserfahrungen habe ich im Militär gemacht. Ich habe durchgedient als ABC-Unteroffizier. Mit harter Führung habe ich kein Problem, sofern die Umstände sie erfordern.

Ich besuche die Sommerakademie «Kulturelle Evolution und Religion». Es gefällt mir, ohne festgelegtes Ziel immer weiter diskutieren zu können und vieles über die Geschichte der Menschheit zu erfahren. Das finde ich wichtig für meine Generation; uns fehlen oft die grösseren Zusammenhänge.»

Nicole Speck

Stipendiatin der *Werner Siemens-Stiftung*, studiert im *Master Humanmedizin*, Sommerakademie «Big Data», 24 Jahre alt

«Ich möchte mich in plastisch-rekonstruktiver Chirurgie spezialisieren. Dieser Zweig der Chirurgie stellt bei Verbrennungsoptern oder nach der Entfernung grosser Tumore das Gesicht oder andere betroffene Körperstellen wieder her, zum Beispiel die Brust nach einer Krebsoperation.

Nächstes Jahr reise ich für einen Monat nach Südafrika, um in Unfallchirurgie und Intensivmedizin Erfahrungen zu sammeln – in Südafrika kommen viel mehr Leute mit Stichwunden oder Schussverletzungen ins Spital als in der Schweiz. Nachher möchte ich mich in Australien in die Hals-Nasen-Ohren-Chirurgie vertiefen. Diese Auslandsaufenthalte sind auch der Grund, weshalb ich auf die Idee kam, ein Stipendium der Werner Siemens-Stiftung zu beantragen – als finanzielle Unterstützung während der Praktika. Aber auch den Austausch mit den anderen Stipendiatinnen und Stipendiaten finde ich sehr anregend.

Nach dem Master gehe ich wahrscheinlich nach Kalifornien in die Stammzellen- und Hautersatz-Forschung. Ich suche die Auslandsaufenthalte bewusst. Letztes Jahr war ich in einem Operationsaal in Oxford, es war erstaunlich, wie anders sie dort arbeiten. Alle diese verschiedenen Erfahrungen werden mir einmal helfen, meine eigene Methode als Chirurgin zu entwickeln.

Die bildenden Künste faszinieren mich ebenfalls, vor allem Skulpturen und Architektur. Sie sind gar nicht so weit entfernt von der plastischen Chirurgie: Wir müssen neben Anatomiekenntnissen auch ein Auge dafür haben, was natürlich wirkt und sich möglichst schön ins Gesamtbild einfügt. Ich kann Stunden im Louvre in Paris in der Skulpturenabteilung verbringen und beobachten, wie sich die Objekte mit dem Licht und dem Blickwinkel verändern.»

Aline Steiner

doktoriert in *Veterinärmedizin*, Sommerakademie «Gesundheitsmanagement mit begrenzten Ressourcen», 26 Jahre alt

«Meine Doktorarbeit wird eine kritische Literaturarbeit: Ich hinterfrage bisherige Studien mit Labortieren. Es scheint nämlich so zu sein, dass die Art der Narkose, die man in Tierversuchen verwendet, einen Einfluss hat auf die Resultate – was die Vergleichbarkeit dieser Studien in Frage stellt. Ich bin überzeugt, dass es auch mit weniger Tierversuchen im vorklinischen Stadium ginge. Tierversuche sollten nur bewilligt werden, wenn sie zu hundert Prozent nötig und durchdacht sind und wenn die Studienqualität stimmt. Und wenn schon Tierversuche, dann unter besseren, artgerechteren Umgebungsbedingungen als derzeit. In der heutigen Tierhaltung sind Laborratten und -mäuse zum Beispiel völlig unterfordert; auch kann man eine Ratte zählen, eine Maus jedoch nicht, deshalb sind Mäuse extrem gestresst, wenn man mit ihnen einen Versuch macht. Aus diesem Grund finde ich: Wenn schon Tierversuche, dann mit jener Spezies, bei der die Belastung durch den Versuch am geringsten ist.

Führungserfahrung habe ich bis jetzt nur wenig. Ich arbeite neben dem Doktorat Teilzeit als Assistenzärztin im Tierspital, wir sind ein grosses Team. Gute Führung hat viel mit Wertschätzung und Zwischenmenschlichem zu tun, finde ich.

In meiner Familie setzen sich alle im Tierschutz ein. Mein Bruder und ich waren auch schon als Helfer in einem rumänischen Tierheim, das empfand ich als sehr schön und sinnvoll. Ich berate nun bei Bedarf das Vermittlungsteam der Casa Cainelui bei medizinischen Fragen. Meinen Hund habe ich auch von dort.

Es ist nun bereits das vierte Mal, dass ich eine Sommerakademie besuche. Hier ist es so, wie ich mir das ideale Lernen immer vorgestellt habe.»

Servan Grüninger

Bachelor in *Biologie*, Master in *Biostatistik und Zweitmaster in Computational Science and Engineering*, Co-Leiter «Big Data», 26 Jahre

«Der Biostatistiker Stephen Senn meinte einmal, dass Statistiker zweitklassige Mathematiker, drittklassige Naturwissenschaftler und viertklassige Denker seien. Das stimmt wohl, aber es bedeutet auch, dass Statistiker sehr interdisziplinär denken und in vielen Bereichen mitreden können – das entspricht mir. Ich habe einen Bachelor in Biologie, mit den Nebenfächern Neuroinformatik, Politikwissenschaften und Recht, und einen Master in Biostatistik der Universität Zürich. Und um meine zweitklassigen Mathematikkenntnisse aufzubessern, mache ich zurzeit einen Zweitmaster in Computational Science and Engineering an der ETH Lausanne.

Dieses Jahr bin ich nicht Teilnehmer, sondern Co-Leiter einer Sommerakademie, zum Thema Big Data. Wir haben ein Programm zusammengestellt, dass möglichst allen einen Zugang zu Big Data ermöglichen soll, auch jenen, die noch nie damit zu tun hatten.

In den letzten Jahren habe ich neben dem Studium immer gearbeitet. Erst im Verkauf, dann im Buchhandel, schliesslich in der Forschung und seit 2014 als Blogger und Freelancer für die NZZ. Seit drei Jahren bin ich zudem beim Wissenschafts-Think-Tank «reach – research and technology in Switzerland» aktiv. Wir engagieren uns für eine wissenschaftsfreundliche Kultur, die das Potenzial der Wissenschaften ausschöpft, ohne technokratisch über gesellschaftliche Anliegen hinweg zu entscheiden. Reach will das gesellschaftliche Vertrauen in die Wissenschaften stärken und die Verantwortung der Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen gegenüber der Gesellschaft fördern.»



Zahlen und Fakten

Projekt

Die Werner Siemens-Stiftung unterstützt die vielfältige Begabtenförderung der Schweizerischen Studienstiftung.

Unterstützung

Folgende Sommerakademien der Schweizerischen Studienstiftung finanzierte die Werner Siemens-Stiftung im Jahr 2017: Sensomotorische Grundlagen sozialer Kognition – neue Einblicke in soziales Verhalten; Health Planning and Management in Settings with Limited Resources; Kulturelle Evolution und Religion.

Werner Siemens Fellowships:

Die Exzellenzstipendien werden jährlich an 10 herausragende Studierende in den Bereichen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technologie, Medizin und Pharmazie vergeben.

Mittel der Werner Siemens-Stiftung

19800 Schweizer Franken pro Werner Siemens Fellowship pro Jahr und Person
360 000 Schweizer Franken jährlich für die Sommerakademien

Projektdauer

2015–2025

Leitung

Prof. Dr. Cla Reto Famos, Direktor Schweizerische Studienstiftung, Zürich
Dr. Sarah Beyeler, Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Schweizerische Studienstiftung, Zürich

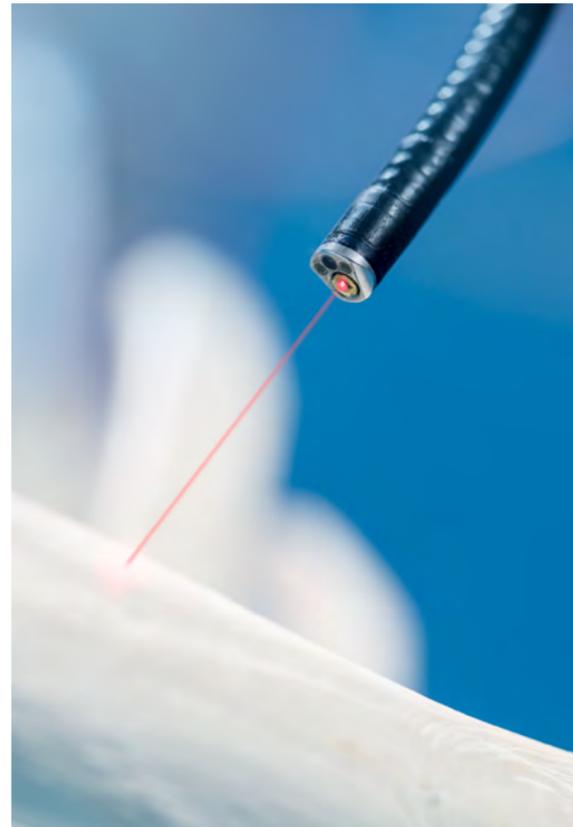
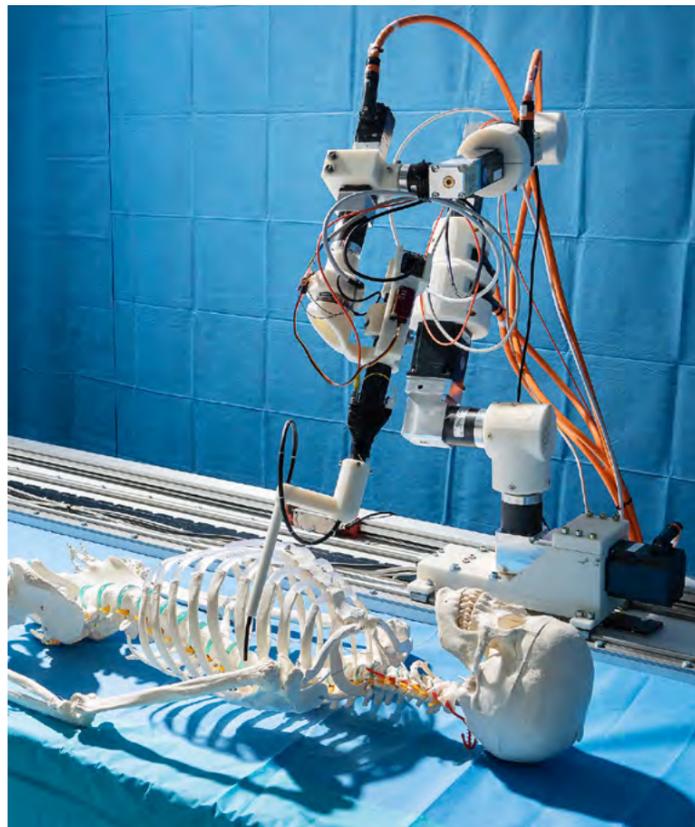
Begabte fördern bilden vernetzen

Innovation

Die Werner Siemens-Stiftung unterstützt die Begabtenförderung der Schweizerischen Studienstiftung, weil diese hervorragende Bildungs-, Förder- und Beratungsangebote für den leistungsstarken Nachwuchs im MINT-Bereich entwickelt.

Knochen mit Laser operieren

Operation am Oberarmknochen mit Laser und über Roboter gesteuert.



An der Universität Basel arbeiten Forschende daran, Knochen minimal-invasiv zu operieren – mit Laserlicht und über Roboter gesteuert. Die Heilungszeit wäre deutlich kürzer und die Behandlung auch für Patienten mit schlechterem Allgemeinzustand geeignet.

Seit der Erfindung des Laserlichts Ende der 1950er-Jahre träumen Chirurgen davon, den scharf gebündelten Lichtstrahl auch zum Operieren von Knochen zu nutzen. Nach vielen Rückschlägen wollen Forschende der Universität Basel mit dem Projekt MIRACLE (Minimally Invasive Robot-Assisted Computer-Guided Laserosteotome) den Traum in den nächsten Jahren verwirklichen. Chirurgen sollen Knochen in Zukunft robotergesteuert mit Laserlicht operieren können, minimalinvasiv, dank einem sogenannten Laser-Osteotom.

Ein Osteotom ist ein chirurgisches Gerät zum Durchtrennen von Knochen – etwa ein Meissel, ein Bohrer oder eine Knochensäge. Operationen mit Laserlicht hätten mehrere Vorteile. In erster Linie: mehr Präzision. Laserlicht kann Knochen viel präziser schneiden und ermöglicht auch komplexere Schnitte. Dadurch wachsen die Knochen nach der Operation schneller zusammen und müssen weniger aufwändig fixiert werden. Zudem erhitzt und zerstört der Laser das umliegende Gewebe nicht – im Gegensatz etwa zu einer Knochensäge. Ein weiterer Vorteil der geplanten Laser-

Osteotomie: Bisherige Operationen erforderten einen offenen Zugang zum Knochen mit Hilfe eines oft grossen Hautschnittes. In Zukunft genügt ein kleines Loch in der Haut, um das Endoskop mit dem Laser einzuführen.

Die Laseroperationen führen somit zu einer kürzeren Aufenthaltszeit im Spital und einer schnelleren Genesung. Damit sind sie auch für Patienten mit schlechtem Allgemeinzustand geeignet. Das ist umso wichtiger, als mit der steigenden Lebenserwartung Abnützungen an Knochen und Gelenken zunehmen werden.

Die neuartige Laser-Osteotomie wird sich beispielsweise für Operationen am Knie, Rücken und zur Entfernung von Tumoren aus Knochengewebe eignen. Im besten Fall lassen sich damit auch Knochen und Knorpel transplantieren.

Die Werner Siemens-Stiftung unterstützt das Projekt MIRACLE mit seinen vier Teilzielen: Laserlicht für die Operation von Knochen nutzbar machen. Einen Roboter für minimal-invasive Eingriffe entwickeln. Neuartige Technologien der 3-D-Navigation entwerfen, um den Roboter während des Eingriffs präzise zu führen. Massgeschneiderte Knochen-Implantate aus dem 3-D-Drucker entwickeln.

Vorleistungen

MIRACLE ist ein Leuchtturmprojekt des Department of Biomedical Engineering der Universität Basel. Räumlich ist es im «Switzerland Innovation Park Basel Area» in Allschwil angesiedelt. Das interdisziplinäre Team mit rund dreissig Forschenden bringt das nötige Wissen aus Medizin und Naturwissenschaften zusammen.

Geleitet wird das Projekt von Philippe Cattin (Professor für Medizinische Bildanalyse) und Hans-Florian Zeilhofer (Leiter der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie am Universitätsspital Basel). Die Forschungsgruppe um Philippe Cattin hat langjährige Erfahrung im Bereich der medizinischen Bildverarbeitung. Cattin war von 2001 bis 2013 Leiter eines Projekts zur roboterbasierten Laser-Osteotomie im Nationalen Forschungsschwerpunkt «Computerunterstützte und bildgeführte medizinische Eingriffe» des Schweizerischen Nationalfonds. Hans-Florian Zeilhofer ist spezialisiert auf die 3-D-Planung von komplexen chirurgischen Eingriffen. Er hat die Forschung zur Laser-Osteotomie in den vergangenen 15 Jahren massgeblich

geprägt. Gemeinsam entwickelten Cattin und Zeilhofer ein erstes Laser-Osteotomie-System für Operationen mit offenem Hautschnitt. Jetzt können die Forschenden auf ihrem Wissen aufbauen, um die komplett neuartige, minimalinvasive Technologie zu entwickeln.

Aktueller Stand

Mit den Geldern der Werner Siemens-Stiftung konnte das Projektteam von MIRACLE um zwei Assistenzprofessuren ergänzt werden: Azhar Zam leitet die Gruppe «Medizinische Laserphysik und Optik» und Georg Rauter die Gruppe «Medizinrobotik und Mechatronik».

Im Juni 2017 präsentierten die Forschenden den ersten Prototyp eines minimalinvasiven Laserroboters namens GG1. Fortschritte erzielten sie auch mit neuartigen Implantaten und in der 3-D-Navigation. Ihre neue Software SpectoVive erlaubt es, mittels 3-D-Ansichten des Körpers (Virtual Reality) Operationen schneller und realitätsnäher zu planen. Spezielle Brillen (Augmented Reality) erlauben es den Chirurgen zudem, sich während einer Operation virtuell im Körper des Patienten zu bewegen und so präziser zu operieren. Diese Fortschritte der Basler Forschenden sind nicht nur für die Laser-Osteotomie, sondern für die Chirurgie und Medizin allgemein interessant. Entsprechend sind aus dem Projekt MIRACLE in den letzten zwei Jahren bereits drei Spin-off-Firmen entstanden.

Der Zeitplan ist ehrgeizig: Bis 2021 wollen die Forschenden die robotergesteuerte Knochenoperation mit Laserlicht an Tierkadavern und gespendeten Menschenkörpern getestet haben. Bis 2025 soll die Laser-Osteotomie für die klinische Anwendung bereitstehen.

Mittel der Werner Siemens-Stiftung
15,2 Mio. Schweizer Franken

Projektdauer
2014–2019

Energie- wende im Wallis

Viele Jugendliche, die einen technischen Beruf ergreifen möchten, haben nach der obligatorischen Schulzeit Lücken in Mathematik, Physik und Chemie und geraten deswegen in der Lehre ins Schlingern; einige verlieren die Motivation und brechen die Lehre vorzeitig ab – beziehungsweise brachen die Lehre ab. Denn seit ein paar Jahren ist das Problem zumindest im Wallis entschärft – dank zwei Projekten der Werner Siemens-Stiftung, die die technische Berufsbildung unterstützen.

Das erste Projekt der Werner Siemens-Stiftung richtet sich an Walliser Lehrlinge in den Bereichen Automation, Automechanik und Elektrizität. Für sie wurden in den letzten fünf Jahren Werkstätten, Labors und Stützkurse an der Technischen Berufsschule in Sion eingerichtet. Die Labors erlauben es den Auszubildenden, das theoretische Wissen praktisch zu erproben und zu vertiefen.

In Materialkunde zum Beispiel erfahren sie in einem Experiment ganz anschaulich, dass gehärteter Stahl zwar stärker ist und mehr Druck benötigt, bis er bricht; dass er aber im Gegenzug weniger elastisch ist und bei plötzlich einsetzendem Druck schneller bricht als einfacher Stahl. In der mechanischen Werkstatt können sich die angehenden Automechaniker in Motor, Kupplung, Elektronik und sonstige Besonderheiten von Autos und Motorrädern vertiefen. Eine weitere grosse Werkstatt ist mit Übungsstationen zu Elektrizität und einem Elektrolabor ausgestattet. Dort lernen die zukünftigen Elektriker zum Beispiel Stromkreise aufzubauen und Störungen zu beheben.



Nach der Theorie die Praxis: Lehrlinge üben, Stromkreise zu schalten, an der Technischen Berufsschule Sion im Wallis.

In den Lehrwerkstätten werden bei Bedarf überbetriebliche Kurse durchgeführt, die dazu dienen, die unterschiedlichen praktischen Fertigkeiten der Lehrlinge auszugleichen. Daran können auch Jugendliche teilnehmen, die von Berufsmittelschulen oder vom Gymnasium kommen und einen technischen Beruf ergreifen möchten – sie können dort die fehlende Praxis nachholen. Auch Lehrlinge, die in Arbeitstechnik oder Selbstmanagement Mühe haben, werden gecoacht und individuell unterstützt.

Der positive Effekt dieser Anstrengungen zeigt sich heute klar. «Mittlerweile schliessen im Wallis 93 Prozent die einmal angefangene technische Lehre ab», freut sich Bernard Dayer, Direktor der Technischen Berufsschule Sion. Mit dem eidgenössischen Fähigkeitsausweis in der Tasche, sind die Mediamatiker, Elektroniker, Automation-Monteur, Multimedia-Elektroniker, Konstrukteure, Automechaniker und -elektroniker, Polymechaniker, Konstrukteure, Installateure, Elektriker und Seilbahnfachmänner begehrt auf dem Arbeitsmarkt. Das wiederum gefällt Jean-Pierre Tenud vom

Departement für Volkswirtschaft und Bildung des Kantons Wallis: «In technischen Berufen besteht heute fast keine Arbeitslosigkeit.»

Dieser Erfolg hat die Werner Siemens-Stiftung dazu bewogen, nach Ablauf des ersten Projekts im 2017 ein zweites anzuschliessen: Ab 2018 sollen im Wallis auch Lehrlinge und Studierende in den Bereichen Gebäudehülle, Gebäudetechnik, energetische Gebäudesanierung und Steigerung der Energiebilanz ausgebildet werden. Dazu werden sie auf den neusten Stand in Sachen Isolation, Energiesparen, elektronische Steuerung, Wärmetechnik und Solarenergie gebracht. Geplant ist ein Versuchslabor, in dem die Schülerinnen und Schüler die erworbene Theorie zu Planung, Gebäudehülle, Heizung, Ventilation und Sanitäreinrichtungen erproben und anwenden können. Läuft die Anschubfinanzierung der Werner Siemens-Stiftung in fünf Jahren aus, wird der Kanton Wallis auch dieses zweite Projekt auf eigene Kosten weiterführen.

Durch dieses zweite Projekt der Werner Siemens-Stiftung kann der Kanton Wallis einen Teil der dringend

benötigten Fachkräfte beisteuern, die die Schweiz braucht, um die Energiewende auch praktisch umzusetzen, die das Schweizer Stimmvolk im Mai 2017 beschlossen hat. Die jungen Fachleute aus dem Wallis werden gefragt sein. Denn es gibt noch so manches ältere Gebäude, dessen Energiebilanz eine Verbesserung benötigt.

Mittel der Werner Siemens-Stiftung
Projekt AFOTEC (2013–2017)
2,6 Mio. Schweizer Franken
Projekt AFBAT (2018–2022)
1,6 Mio. Schweizer Franken

Projektleitung
Jean-Pierre Tenud, Kanton Wallis,
Dienststelle für Industrie, Handel
und Arbeit

Partner
Berufsverband Tec-Bat Valais
Suissetec Oberwallis

Der Scan von morgen

Mit dem «Werner Siemens Imaging Center» spielt die Universität Tübingen international in der ersten Liga der Forschung zu bildgebenden Verfahren. Das Ziel: Krankheiten besser verstehen, früher diagnostizieren und zielgerichteter behandeln.

Ein MRI-Bild des schmerzenden Rückens oder ein PET-Scan bei einem Tumorverdacht – bildgebende Verfahren wie die Magnetresonanztomographie (MRI) oder die Positronen-Emissions-Tomographie (PET) sind heute aus Klinik und Forschung nicht mehr wegzudenken.

Bildgebende Verfahren sind einer der Forschungsschwerpunkte der Universität Tübingen. Die Werner Siemens-Stiftung unterstützt diese Forschung seit 2007. Das 2014 gegründete «Werner Siemens Imaging Center» (WSIC) ist europaweit einzigartig. Es hat sich zu einem international führenden Forschungsort für Bildgebung entwickelt. Der Schwerpunkt liegt auf der präklinischen Forschung – also der Grundlagenforschung am Zell- und Tiermodell. Unter anderem werden dort bildgebende Instrumente für Kleintiere wie Mäuse entwickelt. Das Ziel der Forschung: Besser verstehen, wie Krankheiten entstehen, sich entwickeln und sich im Körper verbreiten, um sie besser behandeln können. Das Spektrum reicht dabei von der Onkologie, Neurologie und Kardiologie bis zur Immunologie.

Geleitet wird das Zentrum vom Physiker und Biomediziner Bernd Pichler, er hat die Werner-Siemens-Stiftungsprofessur für präklinische Bildgebung und Bildgebungstechnologie inne.

Integrierte Geräte

Das rund 60-köpfige Team am WSIC vereint Fachwissen aus Biologie, Physik, Medizin, Chemie und den Ingenieurwissenschaften. Die gebündelte interdisziplinäre Kompetenz hat bereits namhafte Erfolge erzielt. So entstand am WSIC der weltweit erste Scanner, der Magnetresonanztomographie (MRI) und Positronen-Emissions-Tomographie (PET) in einem Gerät vereint. Die Firma Siemens hat die neuartige Technologie bereits in ihre Palette medizintechnischer Geräte aufgenommen.

Bei der Integration unterschiedlicher Methoden gehen die Forschenden aber noch weiter. Sie arbeiten daran, bildgebende Verfahren mit Analysen etwa aus der Mikroskopie, der Proteinanalyse (Proteomik) und der Stoffwechselanalyse (Metabolomik) zu kombinieren. «Unser Ziel sind multimodale Instrumente, die Informationen



Topmoderner Scanner im Werner Siemens Imaging Center an der Universität Tübingen.

aus unterschiedlichen Analysen abbilden und miteinander verbinden können. Das würde die Diagnose von Krankheiten wesentlich erleichtern und eine präzisere, personalisierte Therapie ermöglichen», sagt Bernd Pichler.

Um die riesigen Datenmengen aus bildgebenden Verfahren bewältigen zu können, arbeitet ein Team am WSIC daran, die Datenauswertung mit Hilfe künstlicher Intelligenz weiter zu verbessern. «Machine Learning» und «Deep Learning» sind dabei gefragt – das sind Verfahren, bei denen Algorithmen mithilfe der Daten zu analysieren und beispielsweise krankhafte Veränderungen in Zellen und Organen auf Bildern zu erkennen.

Innovative Biomarker

Krankheiten früher erkennen, besser verstehen und gezielter behandeln: Um dieses Ziel zu erreichen, sind nicht nur bessere bildgebende Verfahren gefragt, sondern auch winzig kleine Helfer – sogenannte Biomarker. Damit sind radioaktive oder fluoreszierende chemische Verbindungen gemeint, die bestimmte Krankheiten anzuzeigen vermögen. In der medizinischen

Forschung wird weltweit intensiv nach solchen krankheitsspezifischen Biomarkern gesucht. Ihr Nutzen ist enorm, denn mit Biomarkern lassen sich Krankheiten einfacher und eindeutiger diagnostizieren. Zudem kann der Verlauf einer Krankheit und der Erfolg einer Therapie besser überwacht werden.

Das Werner Siemens Imaging Center ist wesentlich an der Biomarker-Forschung beteiligt. Im Zentrum stehen dabei Biomarker, die sich mit bildgebenden Verfahren nachweisen lassen. Viel beachtet wurde etwa die WSIC-Forschung zu Lungeninfektionen, die durch den Schimmelpilz *Aspergillus fumigatus* hervorgerufen werden. Viele infizierte Patienten sterben, da die Pilzinfektion nur schwer von einer bakteriellen Infektion unterschieden werden kann und häufig falsch therapiert wird. Den Forschenden gelang es, Biomarker zu entwickeln, welche die Infektionsherde in der Lunge von Mäusen sehr früh nachweisen können.

Internationale Beachtung erzielte das WSIC auch für seine Forschung in der Neurologie und Onkologie. Hier

geht es etwa darum, Biomarker für neurodegenerative Krankheiten wie Alzheimer und Parkinson zu entwickeln oder die Wirksamkeit neuartiger Immuntherapien gegen Krebs zu untersuchen.

Nah an der Praxis

Damit die neuen Erkenntnisse möglichst bald auch Patientinnen und Patienten zugutekommen, kooperiert das Werner Siemens Imaging Center eng mit dem Universitätsklinikum Tübingen. Eine Gruppe von Forschenden und Ärzten am WSIC arbeitet daran, erfolgversprechende Grundlagenforschung in die Klinik zu übertragen. Derzeit laufen unter anderem klinische Studien zur Diagnose von Infektionen mit dem Schimmelpilz *Aspergillus fumigatus* und zur besseren Diagnostik von Brustkrebs.

Mittel der Werner Siemens-Stiftung
12,3 Mio. Euro (2007–2016)
15,6 Mio. Euro (2016–2023)

Projektstart
2007

Wer wir sind

Die Gründerinnen der Stiftung

«Lächerlich einfach» nannte Werner Siemens sein Gerät, das er 1847 in Berlin aus Zigarrenkisten, Eisenteilen, Blech und isoliertem Kupferdraht zusammenbaute. Doch sein Telegraph Marke Eigenbau wurde zum Grundstein eines Weltkonzerns. Siemens baute schon kurz darauf die Telegraphenverbindung zwischen Berlin und Frankfurt und landete im März 1849 einen Coup: Er meldete die Wahl von Friedrich Wilhelm IV. zum deutschen Kaiser in einer Stunde von Frankfurt nach Berlin; die königliche Abordnung benötigte dafür eine Woche.

Die Firma wurde schnell international, zwei jüngere Brüder stiessen dazu. Carl leitete das russische Geschäft, Wilhelm baute die englischen Aktivitäten auf. 1874 verlegte Siemens das erste transatlantische Seekabel. Für ihre zahlreichen Erfindungen, wissenschaftlichen und unternehmerischen Leistungen wurden alle drei geadelt – Werner von Siemens in Deutschland, Carl in Russland und Sir William in Grossbritannien.

Die Brüder waren auch soziale Vorreiter. Schon früh beteiligten sie die Mitarbeitenden am Erfolg des Unternehmens. 1872 gründeten sie pionierhaft eine firmeneigene Pensionskasse. Diese gelebte soziale Verantwortung war bezeichnend für die Familie Siemens, wohl verstärkt durch den frühen Tod des Vaters. Carl plante bereits 1900 eine Stiftung zur Unterstützung der Siemens-Nachkommen – seine Töchter Charlotte und Marie waren von der Idee sofort begeistert.

Doch der Erste Weltkrieg setzte dem Unternehmen zu. Das deutsche Geschäft litt stark, die britische Niederlassung geriet unter die finanzielle Kontrolle der Regierung. Charlottes

Mann wurde im russischen Bürgerkrieg 1919 ermordet, nach der Oktoberrevolution musste sie mit ihrem Sohn fliehen. Später erhielt sie das Bürgerrecht von Liechtenstein.

Nach Kriegsende gelangten die beiden Töchter Charlotte und Marie an das blockierte Erbe ihres Vaters Carl. Damit verwirklichten sie mehr als zwanzig Jahre später seine Idee: Am 7. November 1923 legten sie in Schaffhausen 200 000 Schweizer Franken in die neugegründete Werner Siemens-Stiftung. Diese sollte in erster Linie die Nachkommen unterstützen, die durch politische und wirtschaftliche Turbulenzen in Deutschland und Russland in Not geraten waren. In den folgenden Jahren stockten drei weitere Frauen aus der Siemens-Dynastie das Stiftungskapital wesentlich auf: zuerst Anna und Hertha, die Töchter des Werner von Siemens, und später Eleonore, die Schwiegertochter des Carl von Siemens.



Charlotte von Buxhoeveden, geb. Siemens (links), und Marie von Graevenitz, geb. Siemens, gründeten 1923 die Werner Siemens-Stiftung.

Es waren die Töchter von Carl Siemens, die 1923 die Werner Siemens-Stiftung errichteten. Sie setzten damit eine Idee ihres Vaters um, der schon früh über eine Stiftung zur Unterstützung der Siemens-Nachkommen nachgedacht hatte – doch dann brach der Erste Weltkrieg aus.

Die Werner Siemens-Stiftung

«Naturwissenschaftliche Forschung war meine erste, meine Jugendliebe, und sie hat auch Stand gehalten bis in das hohe Alter (...). Daneben habe ich freilich immer den Drang gefühlt, die naturwissenschaftlichen Errungenschaften dem praktischen Leben nutzbar zu machen.»

Werner Siemens, «Lebenserinnerungen», 1892, Seite 232

Die finanziellen Mittel, welche die fünf Frauen Charlotte, Marie, Anna, Hertha und Eleonore zwischen 1923 und 1941 der Werner Siemens-Stiftung zuführten, dienten viele Jahre lang der Unterstützung der Nachkommen von Werner und Carl von Siemens. Um diesen frühen Stiftungszweck zu verstehen, muss man einen Blick in die Familiengeschichte werfen.

Der frühe Verlust der Eltern prägte den jungen Werner Siemens wesentlich. 1839 starb seine Mutter und nur ein Jahr später sein Vater. Werner war 24 Jahre alt und übernahm die Verantwortung für seine jüngeren Geschwister, insbesondere für deren Ausbildung. Seine Brüder Carl, Hans, Friedrich und William wurden alle Unternehmer und Ingenieure – was sich schon bald als kluge Wahl erweisen sollte.

1847 gründete Werner Siemens zusammen mit Johann Georg Halske in Berlin die Telegraphen Bau-Anstalt von Siemens & Halske. Das Unternehmen erwirtschaftete Gewinn und konnte in andere Länder expandieren; ab 1897 arbeiteten Werners Brüder und weitere Familienmitglieder erfolgreich mit. Das Zusammenarbeiten

stärkte den Gemeinsinn der weitverbreiteten Siemens-Familien weiter.

Heute leben rund 430 direkte Nachkommen von Werner und Carl von Siemens, vorwiegend in Europa, aber auch in Übersee. An sie und ihr finanzielles Wohlergehen hatten die weitsichtigen Gründerinnen der Werner Siemens-Stiftung gedacht, als sie den Stiftungszweck festlegten. Dieser bestand achtzig Jahre lang darin, Familienmitglieder finanziell zu unterstützen, die in Not gerieten.

Dank der erfreulichen finanziellen Entwicklung der Siemens AG konnte der ursprüngliche Stiftungszweck im Jahre 2003 erweitert werden. Seither unterstützt die Werner Siemens-Stiftung auch philanthropische Projekte ausserhalb der Familie. In den allermeisten Fällen sind das pionierhafte, erfolversprechende Projekte in Naturwissenschaft und Technik, die wegen ihrer Neuartigkeit auf eine Anschubfinanzierung angewiesen sind. Auch unterstützt die Werner Siemens-Stiftung den talentierten Nachwuchs insbesondere in den MINT-Fächern Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften



Werner Siemens: erfolgreicher Erfinder und Unternehmer

und Technologie sowie in Medizin und Pharmazie.

Der Hintergrund dieses seit 2003 geltenden Stiftungszwecks liegt ebenfalls in Werner Siemens' Biografie begründet. Werners Vater war Landwirt und Gutspächter, er war verschuldet und hatte kein Geld, um dem begabten Sohn ein Studium zu ermöglichen. Das Startkapital für die Firmengründung sieben Jahre nach dem Tod der Eltern erhielt Werner von seinem wohlhabenden Vetter Johann Georg Siemens. Hätte niemand an seine Ideen geglaubt, wäre daraus nie ein Weltkonzern entstanden.

Die Werner Siemens-Stiftung wird in der schwierigen Anfangsphase von innovativen Forschungsprojekten aktiv: Sie finanziert die ersten Jahre, während denen die vielversprechenden wissenschaftlichen Ideen und Verfahren weiterentwickelt und getestet werden – mit dem Ziel, sie praxisrelevant zu machen. Oder wie es Werner Siemens ausgedrückt hätte: sie «dem praktischen Leben nutzbar zu machen».

Gremien

Stiftungsrat

Der Stiftungsrat beaufsichtigt die Gremien der Werner Siemens-Stiftung. Er hat die Oberleitung über die Geschäfte und agiert gleichsam als «Aufsichtsrat» der Stiftung.

Gerd von Brandenstein
Vorsitzender
Berlin, Deutschland

Oliver von Seidel
Mitglied
Düsseldorf, Deutschland

Dr. Christina Ezrahi
Mitglied
Tel Aviv, Israel

Kuratorium

Das Kuratorium führt die laufenden Geschäfte der Werner Siemens-Stiftung, im Austausch und in Absprache mit dem Stiftungsrat und dem Beirat. Das Kuratorium agiert gleichsam als Geschäftsleitung der Stiftung.

Dr. Hubert Keiber
Obmann
Luzern, Schweiz

Prof. Dr. Peter Athanas
Mitglied
Baden, Schweiz

Germain Mittaz
Mitglied (bis 31.12.2017)
Dietikon, Schweiz

Beat Voegeli
Mitglied (ab 1.1.2018)
Rotkreuz, Schweiz

Beirat

Der Beirat der Werner Siemens-Stiftung ist ein unabhängiges wissenschaftliches Gremium, welches das Kuratorium in der Projektfindung unterstützt. Die Beiräte sichten und evaluieren Projekte, die im Wirkungsfeld der Werner Siemens-Stiftung liegen.

Giovanni Operto, Vorsitzender
Ebmingen, Schweiz

Prof. Dr. Gerald Haug, Beirat
Max-Planck-Institut für Chemie
Mainz, Deutschland
und ETH Zürich, Schweiz

Prof. Dr. Peter Seitz, Beirat
ETH Zürich, Schweiz

Prof. Dr.-Ing. Matthias Kleiner, Beirat
Präsident Leibniz-Gemeinschaft
Berlin, Deutschland

Prof. Dr. Bernd Pichler, Beirat
Universität Tübingen, Deutschland

Förderkriterien

Auswahlverfahren

Die Werner Siemens-Stiftung fördert jährlich ein bis drei pionierhafte technische und naturwissenschaftliche Projekte in Forschung und Lehre an Universitäten und Hochschulen vornehmlich in Deutschland und der Schweiz, die höchsten Ansprüchen genügen und zur Lösung relevanter Probleme unserer Zeit beitragen.

Pro Projekt wird in der Regel ein substanzieller Betrag von 5 bis 15 Millionen Euro bewilligt. Die Auswahl der unterstützten Projekte erfolgt in einem mehrstufigen Verfahren durch den Beirat, das Kuratorium und den Stiftungsrat der Werner Siemens-Stiftung. Auch Ausbildungsinitiativen und Nachwuchsförderung im MINT-Bereich werden von der Werner Siemens-Stiftung unterstützt.

Nicht unterstützt werden Aktivitäten aus Kunst, Kultur, Sport, Freizeit, Politik, Katastrophenhilfe, zeitlich nicht begrenzte Verpflichtungen, kommerziell ausgerichtete Projekte, Mitfinanzierung von Projekten anderer Stiftungen, Einzelstipendien, Studienkosten oder Doktorarbeiten.

Kontakt

Werner Siemens-Stiftung
Guthirhof 6
6300 Zug
Schweiz

+41 41 720 21 10

info@wernersiemens-stiftung.ch
wernersiemens-stiftung.ch

Drei Fragen an Germain Mittaz

Germain Mittaz war mehr als vierzig Jahre für Siemens tätig – zuerst für die Siemens Schweiz AG, danach bei der Werner Siemens-Stiftung, wo er für Finanzen, Steuerwesen und Personalfragen zuständig war. Ende 2017 ist er in den Ruhestand getreten.



Germain Mittaz, langjähriger Finanzchef der Werner Siemens-Stiftung

Wie sind Sie zur Werner Siemens-Stiftung gekommen?

Germain Mittaz: Ich war von 1974 bis 2003 für die Siemens Schweiz AG in Zürich tätig – die meiste Zeit davon als Leiter des Rechnungs- und Steuerwesens. Als Controller in einem Industrieunternehmen tätig zu sein, machte mir grosse Freude, weil es so lebendig ist. So habe ich zum Beispiel in den 1980er-Jahren miterlebt, wie neuartige Technologien im Bereich der Telefonie entwickelt wurden. Nach rund dreissig Jahren bei der Siemens Schweiz AG sprach mich der damalige Verwaltungsratspräsident Manfred Nagel an. Er war gleichzeitig auch Obmann des Kuratoriums der Werner Siemens-Stiftung und sagte, das Kuratorium suche ein Mitglied, das für den Bereich Finanzen zuständig sei. Das reizte mich – mit knapp 60 Jahren nochmals etwas Neues wagen. Zudem kam mir die Teilzeitanstellung bei der Stiftung entgegen, da ich gleichzeitig Mitglied des Zürcher Kantonsrats und Bankrat der Zürcher Kantonalbank war. So wurde ich 2002 ins Kuratorium der Werner Siemens-Stiftung gewählt. Mein Aufgabenbereich war vielfältig: Anlagestrate-

gien mitdefinieren, die Märkte beobachten, aber auch Personalfragen und die Steuerrechnung für die Stiftung gehörten dazu.

Worauf blicken Sie am liebsten zurück in Ihrer Zeit bei der Werner Siemens-Stiftung?

Dank ihrer guten Finanzlage konnte die Stiftung ab dem Jahr 2003 nicht nur die Siemens-Nachkommen, sondern zusätzlich auch gemeinnützige Projekte unterstützen, unter anderem an Universitäten und Hochschulen. So habe ich einen faszinierenden Einblick in die verschiedensten technologischen Innovationen erhalten. Zudem durfte ich in den vergangenen 15 Jahren viele interessante Menschen kennenlernen. Besonders gefreut hat es mich, wenn Projekte nach der Phase der Startfinanzierung durch die Werner Siemens-Stiftung erfolgreich weitergingen. Ich denke etwa an die Forschung am Werner Siemens Imaging Center in Tübingen. Eine grosse Bereicherung war für mich auch, an den jährlichen Treffen viele Angehörige der Familie Siemens kennenzulernen.

Nun treten Sie mit 75 Jahren in den Ruhestand, wie es die Statuten der Werner Siemens-Stiftung für die Mitarbeit im Kuratorium festlegen. Worauf freuen Sie sich in der kommenden Zeit?

Offiziell endete meine Anstellung bei der Werner Siemens-Stiftung Ende 2017. Bis zur Jahresversammlung im März 2018 bin ich aber insbesondere noch für den Rechnungsabschluss des vergangenen Jahres verantwortlich. Dann übergebe ich den Stab definitiv an meinen Nachfolger Beat Voegeli. Ich freue mich darauf, danach mehr Zeit mit meiner Frau, meiner Familie und den Enkeln zu verbringen und vermehrt die Natur zu geniessen – etwa beim Wandern, Schneeschuhlaufen und Golfspielen. Zudem möchte ich dem Lesen und der Kultur mehr Zeit widmen. Als gebürtiger Walliser zieht es mich auch immer wieder in die alte Heimat. Und wer weiss, vielleicht schaffe ich es bald wieder, meinen Bruder zu besuchen, der in Ecuador lebt.

Impressum

Herausgeberin

Werner Siemens-Stiftung
Guthirhof 6
6300 Zug
Schweiz
wernersiemens-stiftung.ch

Idee, Konzeption

Brigitt Blöchlinger, Zürich
bigfish AG, Aarau

Gestaltung, Illustration

bigfish AG, Aarau

Texte

Adrian Ritter, Baden
S. 23–34, 96–97, 100–101, 110–111

Brigitt Blöchlinger, Zürich
S. 51–64, 67–80, 83–94, 98–99, 106–107

Sabine Witt, Zürich
S. 37–48

Guido Stalder, Zürich
S. 104–105

Fotografie

Felix Wey Fotostudio, Baden
S. 2–3, 5, 6–7, 8, 26, 29, 30, 32, 33, 41, 42, 43,
45, 52, 55, 56, 58, 61, 63, 99, 111

Brüderli Longhini Fotografie, Zürich
S. 9, 10–11, 12–13, 84, 86, 88, 89, 92, 96, 101

Foto Wild, Sanitz bei Rostock
S. 4, 71, 72, 73, 74, 76–77, 79

Yuriy Fedoryshyn, S. 24

Hansruedi Fisch, Nagra, S. 46

Andreas Heddergott, TUM, S. 59

iStock by Getty Images, S. 38, 68

Werner Siemens-Stiftung, S. 105

Deutsches Historisches Museum, Berlin, S. 107

Projektleitung und Redaktion

Brigitt Blöchlinger, Zürich

Korrektorat

Petra Jäger, Zürich

Druckerei

Fasler Druck AG, Aarau

© Werner Siemens-Stiftung, 2017

