19

WSS

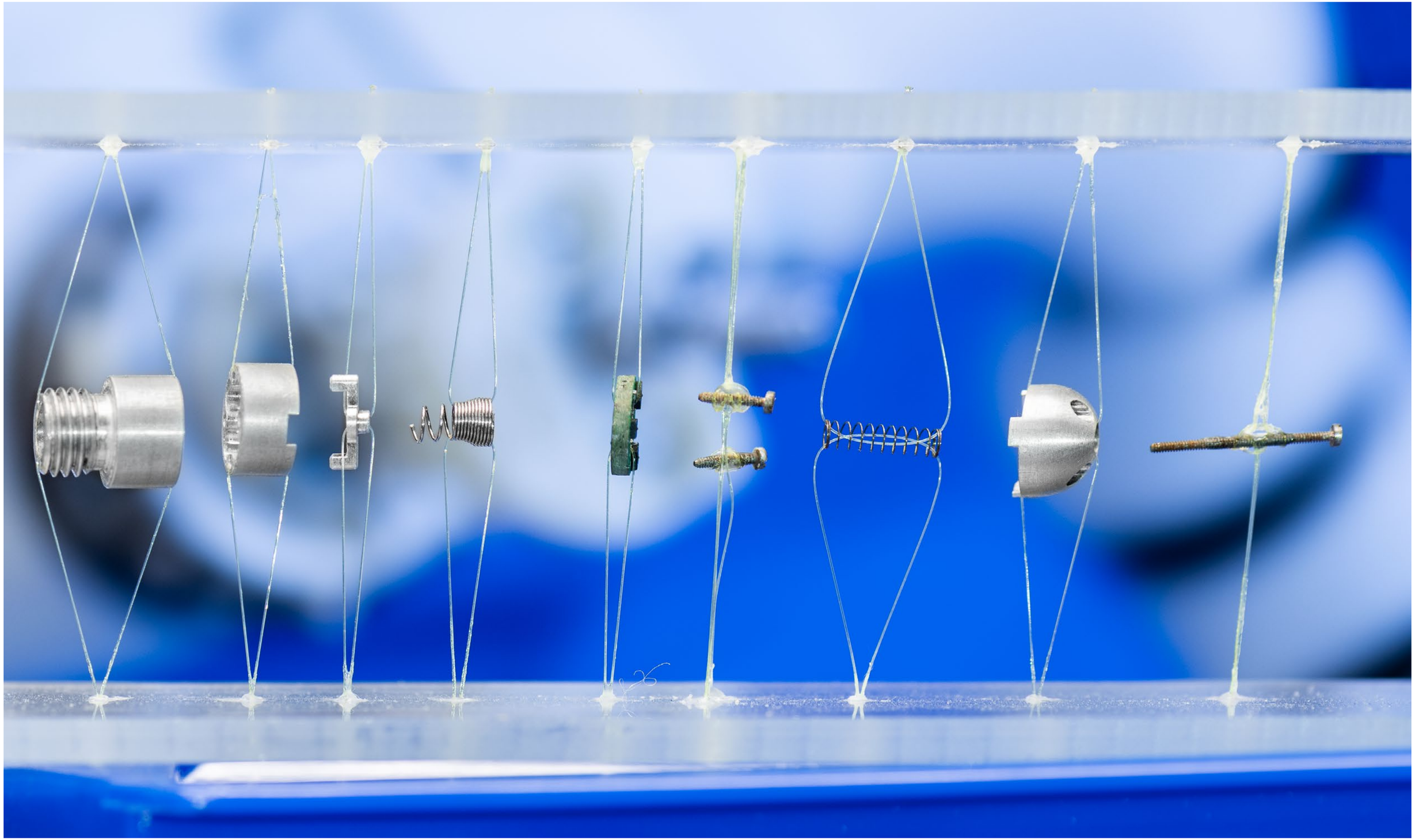
WERNER SIEMENS-STIFTUNG

Was wir fördern

Report 2019

Bedretto-Untergrundlabor – Tiefengeothermie unter realitätsnahen Bedingungen erforschen

Paläobiotechnologie – Wirkstoffe aus der Frühzeit gewinnen



Knochen minimalinvasiv operieren – mit Laser

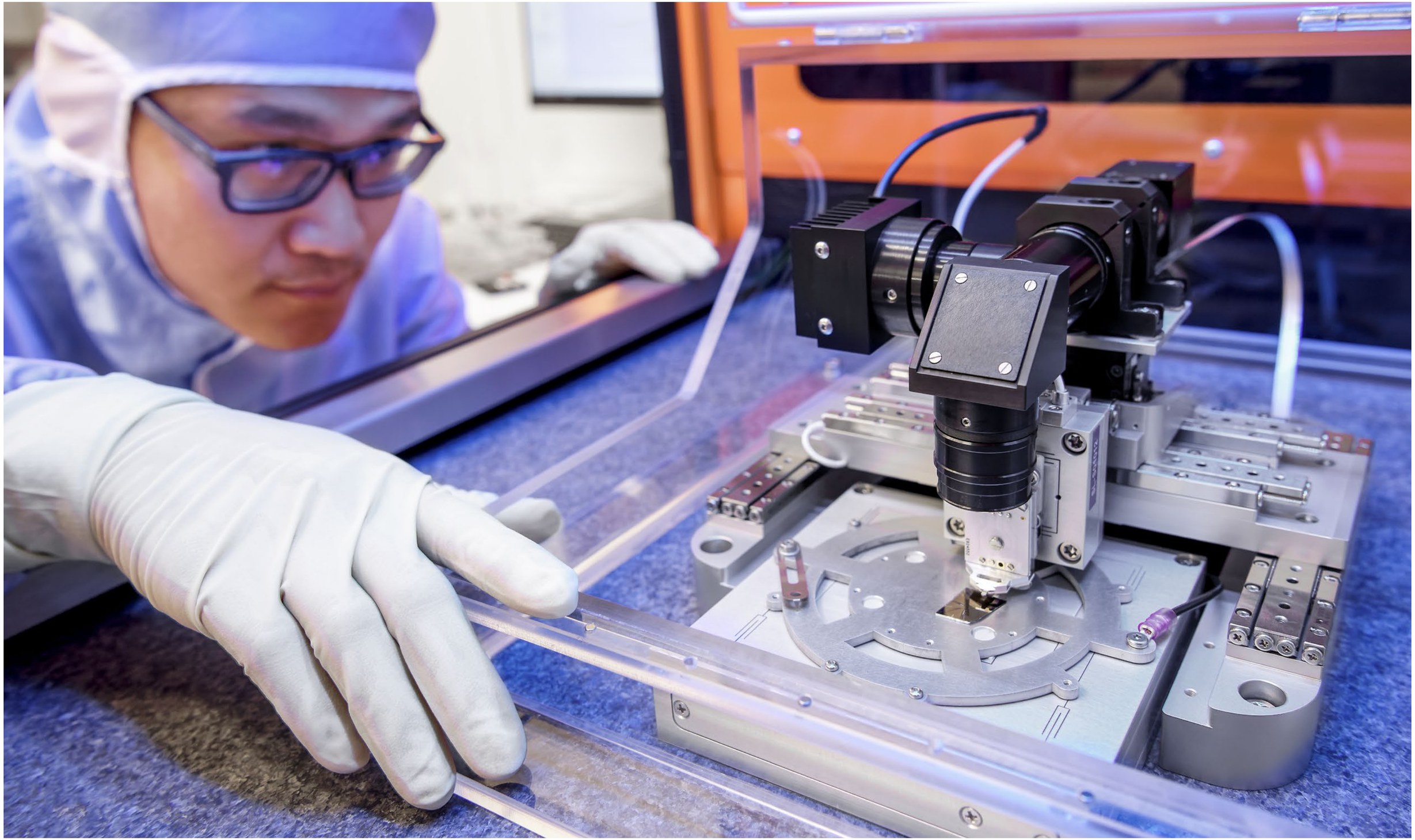
Paläobiotechnologie – Wirkstoffe aus der Frühzeit gewinnen

Förderung technisch begabter Mädchen

Bedretto-Untergrundlabor – Tiefengeothermie unter realitätsnahen Bedingungen erforschen

Die Entwicklung künstlicher Muskeln

Forschungsjacht «Eugen Seibold» – Meeres- und Klimaforschung



Einzelatom-Schalter – neuartiger Mikrochip auf atomarer Basis

Wir fördern Innovationen in Technik und Naturwissenschaften

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 den Sparten Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik, Medizin und Pharmazie.

Vorwort

Zum dritten Mal in Folge erfreut uns der «Report» der Werner Siemens-Stiftung im meist etwas grauen Januar. Verständlich und reich bebildert stellt er die Projekte vor, die im Jahr 2019 von uns finanziell unterstützt wurden. Bei der Vergabe ihrer Mittel hat die Werner Siemens-Stiftung wie immer darauf geachtet, dass sie Starthilfe an Projekte gibt, die essenzielle Probleme unserer Zeit mit erfolgversprechenden innovativen Ideen zu lösen versuchen.

Genau das wollen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Tiefengeothermie. Sie möchten in der Schweiz bis ins Jahr 2050 ungefähr sieben Prozent des Strombedarfs durch sichere Tiefengeothermie-Kraftwerke decken. Wenn die Energiewende Realität werden kann, wird das auch das Verdienst der Werner Siemens-Stiftung sein. Sie hat die Erforschung der Tiefengeothermie vor fünf Jahren als Erste im grossen Stil gefördert. 2019 hat sie nun einen weiteren namhaften Betrag an das weltweit einzigartige Bedretto-Untergrundlabor im Gotthardmassiv freigegeben und damit bewirkt, dass weitere Unterstützer folgten. Was man sich vom Bedretto-Untergrundlabor verspricht, stellen wir Ihnen ab Seite 23 vor.

Vielversprechend ist auch der Ansatz der Paläobiotechnologie, um neue Antibiotika gegen multiresistente Bakterien zu entwickeln. Wie genau das gehen soll, wollen wir nicht hier schon verraten. Nur so viel: Zähne spielen dabei eine zentrale Rolle. Mehr dazu ab Seite 41.

Das dritte neue Projekt, das die Werner Siemens-Stiftung seit 2019 unterstützt, geht das Problem des schwindenden Vertrauens ins Internet an. Nach all den Datenklaus und Tracking-Skandalen der letzten Jahre ist klar geworden: Der Austausch digitaler Daten muss sicherer werden. Eine völlig neuartige Sicherheitsarchitektur des Internets wollen Informatiker der ETH Zürich und der Universität Bonn entwickeln (ab Seite 63).

Sicher ist selbstverständlich unser neues Online-Tool für Gesuche um Projektunterstützung an die Werner Siemens-Stiftung. Noch gibt es nur wenige Stiftungen in der Schweiz, die den Antragsprozess online anbieten und verwalten. Die Werner Siemens-Stiftung zieht nach dem ersten Jahr eine positive Bilanz. «Der ganze Vergabeprozess hat sich sehr vereinfacht», ist sich das Kuratorium einig. Sowohl das Zeitmanagement der Ausschüttungen als auch die Auswertung und Archivierung der eingegangenen Projektgesuche sind heute viel effizienter zu bewerkstelligen als vor 2019. Das Online-Tool für Gesuche um Projektunterstützung verwaltet Erika Koller. Sie ist seit letztem Jahr die neue Leiterin Administration der Werner Siemens-Stiftung. Wie es dazu kam, erfahren Sie am Schluss dieses Reports: Die drei Fragen gehen an Erika Koller.

Nun wünschen wir Ihnen eine interessante Lektüre! Und wenn Sie sich danach fragen, wie die Werner Siemens-Stiftung in ihren Anfängen überhaupt alimentiert wurde, empfehlen wir Ihnen das von uns herausgegebene neue Buch «Nora Füssli» (Thomas Helms Verlag); es stellt eine der grosszügigsten frühen Förderinnen unserer Stiftung vor.

Mit den besten Wünschen

Gerd von Brandenstein
Vorsitzender des Stiftungsrats
der Werner Siemens-Stiftung

Inhalt

Was wir fördern

14 Innovationen in Technik und Naturwissenschaften

16 Vorwort

Unterstützte Projekte

23 Bedretto-Untergrundlabor
41 Wirkstoffe aus der Frühzeit
63 Sicher, sicherer, Internet
76 Grünes Carbon
80 Sanftes Kartieren der Tiefsee
82 «Seibold» erfolgreich im Einsatz
86 Power für das Herz
88 Erfolgreiche Knochenarbeit
92 Atomar kleines Neuland
94 Begeisterte Tüftlerinnen
96 Tiefer Blick in die Moleküle
98 Unternehmen im Brutkasten
100 Vielseitige Talente

Wer wir sind

104 Zustifterinnen mit Weitblick
108 Gremien
109 Vergabeprozess
110 Drei Fragen an Erika Koller

112 Impressum

Unterstützte Projekte

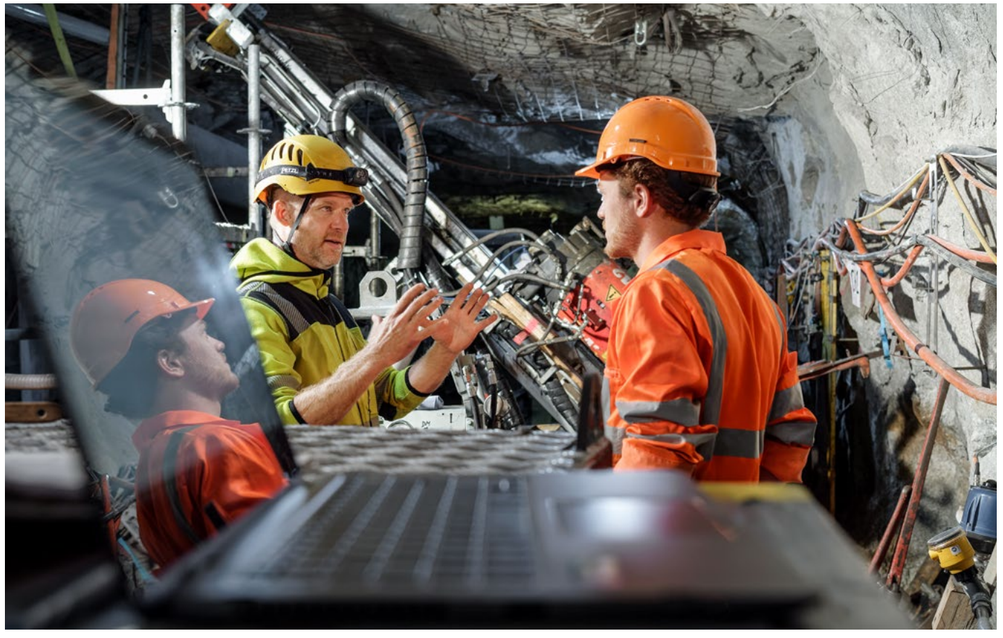
Bedretto-Untergrund-labor

Erforschung der Tiefengeothermie unter realitätsnahen Bedingungen

Granit. Harter, kompakter Stein. Das geologisch geschulte Auge entdeckt feine Risse. Diese interessieren die Forschenden der Tiefengeothermie. Mehr von diesen Rissen wollen sie im Gotthardmassiv 1000 Meter unter der Erdoberfläche kontrolliert erzeugen. Sie wollen erforschen, wie kaltes Wasser durch die Risse fliesst und sich durch Erdwärme erhitzt. An die Oberfläche befördert, könnte das Wasser in Turbinen geleitet und in Strom umgewandelt werden. Soweit die Theorie, wie aus tiefer Erdwärme Strom wird. Doch ist es auch praktisch machbar, ohne dass Erdbeben ausgelöst werden?

Hoffnungsträger Erdwärme

Für die Tiefengeothermie war 2019 ein entscheidendes Jahr. Forschende der ETH Zürich konnten dank der Unterstützung der Werner Siemens-Stiftung in einem stillgelegten Belüftungsstollen im Gotthardmassiv ein weltweit einmaliges Untergrundlabor einrichten: das Bedretto Underground Laboratory for Geoenergies. Dort wird sich zeigen, ob und wie man die tiefe Erdwärme fördern kann, ohne gefährliche Erdbeben auszulösen.



Das Bedretto-Untergrundlabor wurde mit erstklassigen Geräten ausgerüstet – finanziert von der Werner Siemens-Stiftung.

Bis vor kurzem war wenig los im Bedretto-Tal. Die Sonnenhungrigen aus dem Norden liessen das Tal links liegen auf ihrem Weg nach Italien. Doch seit 2019 ist das Bedretto-Tal international ein Begriff – bei Forscherinnen und Forschern der Tiefengeothermie. Sie steuern ihr Fahrzeug nach dem Gotthardtunnel bei Airolo westwärts, das Tal hinauf, bis sie zu einem ehemaligen Belüftungsstollen des Furka-Tunnels der Matterhorn Gotthard Bahn gelangen. Dieser Stollen hat es in sich. Und das ist wörtlich zu verstehen: Darin befindet sich ein erstklassiges und weltweit einzigartiges Untergrundlabor zur Erforschung der Tiefengeothermie. Finanziert hat es die Werner Siemens-Stiftung. Im Bedretto-Untergrundlabor untersuchen renommierte Forschungsgruppen aus ganz Europa unter realitätsnahen Bedingungen das Verhalten des Granits bei Tiefenbohrungen und Stimulationen. Von Stimulationen spricht man, wenn man Wasser unter hohem Druck ins Gestein pumpt, worauf sich im Granit zahlreiche feine Spalten (sogenannte Klüfte) bilden (mehr dazu im Interview ab Seite 32).

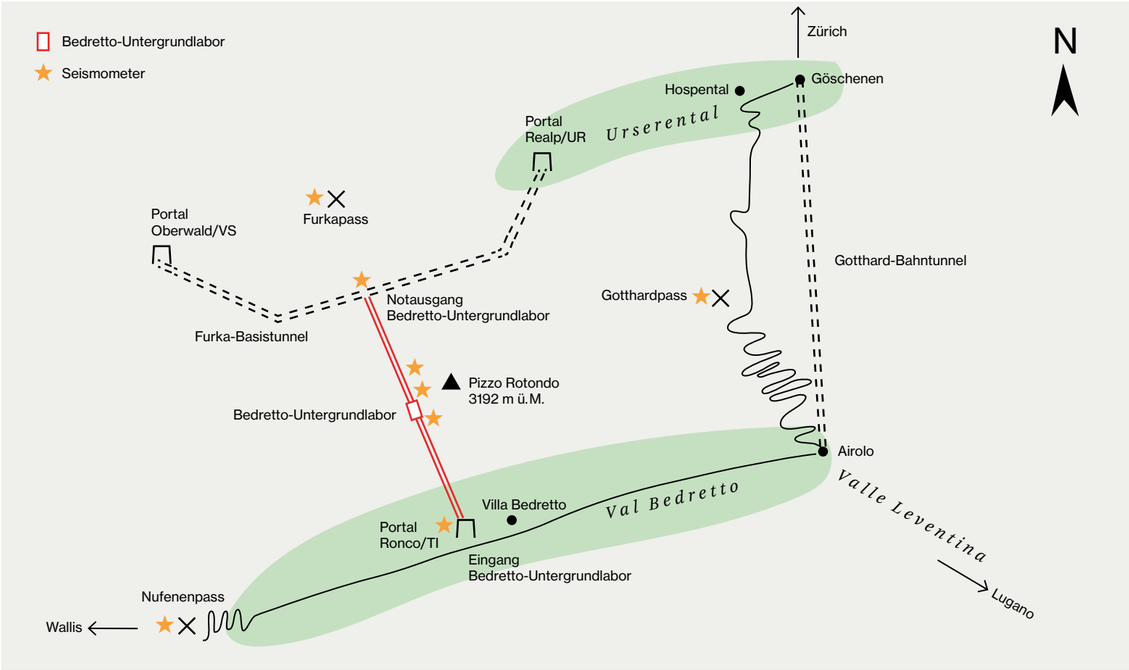
Das Paradies unter der Erde

Die Idee, aus dem stillgelegten Belüftungsstollen ein Untergrundlabor zu machen, hatte Domenico Giardini, Professor für Seismologie und Geodynamik an der ETH Zürich. Er ist ein renommierter Experte der Tiefengeothermie und hat schon im Felslabor Grimsel Forschung betrieben. Doch das Bedretto-Untergrundlabor eröffnet neue Dimensionen: Es befindet sich gut 2200 Meter im Berginnern, und über seiner Decke türmen sich mehr als 1000 Meter des Piz Rotondo, des höchsten Bergs im Gotthardmassiv – das Paradies auf Erden für Forscherinnen und Forscher der Tiefengeothermie. Das Bedretto-Untergrundlabor wurde jedoch nicht zu reinen Forschungszwecken errichtet. Vielmehr sollen die Versuche die Frage beantworten, ob die Tiefengeothermie in der Schweiz und anderswo eine Rolle in der zukünftigen Energieversorgung spielen kann – oder ob die Gefahr, durch Tiefenbohrungen und Stimulationen Erdbeben auszulösen, zu gross ist.

Die Energiestrategie der Schweiz

Die Schweiz will wie andere europäische Länder langfristig aus der Atomkraft aussteigen und die fossilen Brennstoffe Erdöl und Erdgas durch erneuerbare Energien ersetzen. Im Jahr 2007 entwarf der Bund eine erste Strategie für die Zukunft, wie die Energiewende vor sich gehen könnte. 2011 wurde das Ziel, die CO_2-Emissionen zu reduzieren, erstmals im sogenannten CO_2-Gesetz festgeschrieben. 2019 begannen der Bund und die Räte, eine Totalrevision des CO_2-Gesetzes und damit eine Verschärfung der Reduktionsziele der CO_2-Emissionen zu diskutieren.

Aus den gesetzlichen Vorgaben, Strom vermehrt aus erneuerbaren und CO_2-neutralen Quellen zu gewinnen, entwickelten die Energieexpertinnen und -experten – unter ihnen Domenico Giardini – die Idee, für die Zukunft eine erneuerbare Basisenergie zu erschliessen und diese mit den saisonal schwankenden Alternativenergien Wasser, Sonne und Wind zu ergänzen. Die nachhaltige Basisenergie muss das ganze Jahr hindurch Strom liefern, insbesondere auch im energiehungrigen Winter – was die Tiefengeothermie leisten könnte. Denn im Erdinnern ist es sommers wie



Die Lage des Bedretto-Untergrundlabors in der Südschweiz

Bevor die Experimente starten, werden die hydraulischen Bedingungen (Druck- und Flussraten) in den Bohrlöchern gemessen.

Domenico Giardini, Initiator und Leiter des Bedretto-Untergrundlabors: «Ich denke, im Jahr 2050 könnte und sollte jeder Kanton in der Schweiz ein Geothermie-Stromkraftwerk haben.»

winters gleich warm, in 2 Kilometern Tiefe sind es rund 60 Grad Celsius. Könnte man diese Wärme mit Hilfe von Wasser an die Oberfläche holen, könnte man auch im Winter daraus Strom gewinnen.

Welche Basisenergie?

Man könnte einwenden, Wasser und damit Wasserkraft sei in der Schweiz reichlich vorhanden und habe sich jahrzehntelang bewährt, weshalb sie sich besser als die Tiefengeothermie als Basisenergie eigne. Doch Domenico Giardini führt aus: «Zwar ist Wasserkraft heute die wichtigste Energiequelle und bietet den grössten Energiespeicher, doch wenn man sie weiter ausbauen wollte, würde das umfangreiche Infrastrukturerweiterungen bedingen. Dass ausreichend Wasserkraft zur Verfügung steht, hängt zudem stark vom Klimawandel, vom Wasserverbrauch sowie von wirtschaftlichen und gesellschaftspolitischen Aspekten ab.» So gebe es gegen neue Staudämme oft Opposition, und das derzeit einzige konkrete Projekt sei ein neuer Staudamm beim Sustenpass, wo der Triftgletscher geschmolzen ist und einen See hinterlassen hat, den man nun stauen wolle. Wie viele solcher Staudämme gebaut werden müssten, damit die Wasserkraft die Rolle der Basisenergie übernehmen könnte, zeigt ein Rechenbeispiel: Die Schweizer Atomkraftwerke produzieren jährlich rund 25 Millionen Megawattstunden Strom und decken damit etwa 40 Prozent des Schweizer Strombedarfs. Wollte man sämtlichen Atomstrom durch Wasserkraft ersetzen, müssten gut 170 neue Staudämme gebaut werden, die so gross wären wie der geplante Trift-Staudamm, gibt Domenico Giardini zu bedenken. Und fügt an: «Der Bund rechnet in seiner Energiestrategie 2050 daher auch mit höchstens 10 Prozent Steigerung der Wasserkraft.»

Auch die Sonnenenergie eigne sich nicht als Basisenergie, führt Domenico Giardini weiter aus. Sie sei nur tagsüber, hauptsächlich im Sommer und bei klarem Wetter ausreichend zu gewinnen; das sei übers Jahr betrachtet nur zu 15 Prozent der Fall. Und Windenergie komme in der Schweiz als Basisenergie aufgrund der geringen gesellschaftlichen Akzeptanz der Windräder noch weniger infrage. Zudem wehe nur in wenigen Regionen genügend Wind, zum Beispiel im Jura.

Der richtige Mix

«Die bestehenden nachhaltigen Energiequellen Wasser, Sonne, Wind und heisses Thermalwasser können den Strombedarf im Winter nicht abdecken», fasst ETH-Professor Domenico Giardini das Problem zusammen. «Ich will damit aber nicht sagen, dass wir sie nicht nutzen sollen. Ich meine, dass wir einen guten Mix brauchen, der die Schweiz das ganze Jahr hindurch mit Energie versorgt.» Und da punktet die Tiefengeothermie: Sie liefert unabhängig von den Jahreszeiten Energie und wäre deshalb als Basisenergie geeignet – sofern die damit verbundenen Risiken akzeptierbar sind. Die Energiestrategie der Schweiz geht davon aus, dass die Tiefengeothermie bis ins Jahr 2050 rund 7 Prozent des Schweizer Strombedarfs abdecken könnte.

Um die offenen Fragen zur Energiewende zu klären, hat das Bundesamt für Energie 2013 beschlossen, der Energieforschung im Allgemeinen und der Tiefengeothermie im Besonderen Schub zu verleihen. Der Bund rief schweizweit

acht Kompetenzzentren für Energieforschung ins Leben, und Domenico Giardini wurde beauftragt, die Leitung des «Swiss Competence Center for Energy Research – Supply of Electricity» zu übernehmen. Sein Vorschlag, aus dem ehemaligen Lüftungsstollen im Bedretto-Tal ein Untergrundlabor zur Erforschung der Tiefengeothermie zu machen, fand Zustimmung – doch wer sollte die enormen Kosten übernehmen? Domenico Giardini erzählt: «Die Werner Siemens-Stiftung war die Erste, die an das Bedretto-Untergrundlabor geglaubt und es substanziell unterstützt hat; das bewog dann zahlreiche weitere Interessierte und grosse Geldgeber wie die ETH Zürich und das Bundesamt für Energie, ebenfalls einzusteigen.» Seit Oktober 2019 ist auch die EU mit an Bord. Für die EU ist das Bedretto-Untergrundlabor interessant, weil dort das Wissen internationaler Forschungsgruppen über Erdbeben zusammenkommt. Von den daraus entstehenden Synergien verspricht sich der Europäische Forschungsrat (European Research Council, ERC) unter anderem eine Verbesserung der Erdbeben-Vorhersage in verschiedenen Ländern Europas wie zum Beispiel in Italien. Aus diesem Grund unterstützt der ERC das Forschungsprojekt von Domenico Giardini für die nächsten sechs Jahre mit einem ERC Synergy Grant in der Höhe von 14 Millionen Euro.

Grossprojekt

Mittlerweile ist das Bedretto-Untergrundlabor ein Grossprojekt, in dem die wichtigen staatlichen Organisationen, private Industrieunternehmen und relevante Forschungsgruppen aus dem In- und Ausland zusammenarbeiten, um herauszufinden, welche Rolle die Tiefengeothermie bei der Energieversorgung spielen kann. Die Industriepartner wurden von Anfang an in die Planung mit einbezogen, da sie die Technologie und die Geräte für die Experimente im Tunnel beisteuern und deren Tauglichkeit testen wollen. Hinzugezogen werden ausserdem Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus ganz Europa, die im Bereich Tiefengeothermie arbeiten und forschen – insbesondere die finnischen Industrie- und Forschungspartner, deren erfolgreiches Verfahren im Bedretto-Untergrundlabor geprüft werden soll.

Forschung von Martin O. Saar

Einer der Hauptforscher, die Experimente im tiefen Felslabor durchführen, ist Professor Martin O. Saar. Er wurde 2015 von der ETH Zürich auf die von der Werner Siemens-Stiftung geschaffene Professur für «Geothermal Energy and Geofluids» berufen. Saar und seine Gruppe untersuchen die Spannungen im Gestein (stress measurement), bevor und während Wasser in den Granit gepresst wird. Mithilfe von Markern (tracers) können sie ausserdem herausfinden, wohin das Wasser fliesst und wie heiss das Gestein dort war. «Wir brauchen ein tiefgehendes Verständnis davon, was bei Tiefenbohrungen und Stimulationen im Fels passiert», betont Domenico Giardini. «Wenn wir dereinst für ein Geothermie-Kraftwerk vier bis fünf Kilometer tief bohren, kommen wir in einen Bereich, wo enormer Druck herrscht, und wir stören die natürlichen tektonischen Bewegungen. Auch wissen wir nicht, was das Wasser, das wir in grossen Mengen in den Fels pressen und heiss wieder an die Oberfläche holen möchten, über die Jahrzehnte bewirken wird.»

Tiefengeothermie muss sicher sein

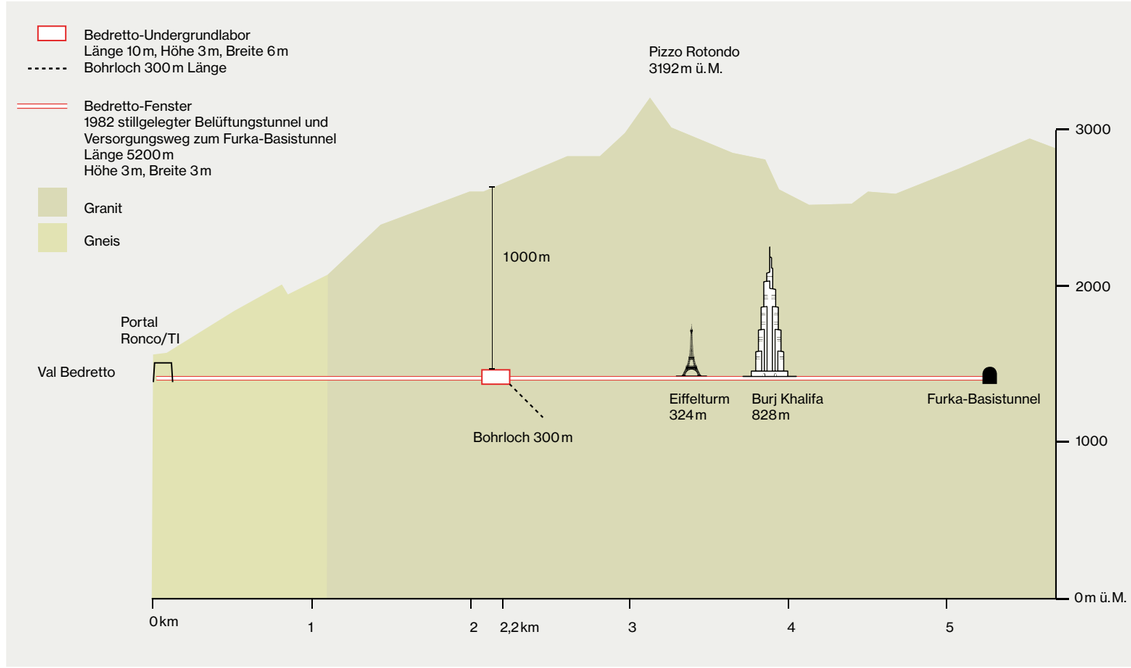
Die Forschenden wissen zwar vieles, doch der Teufel steckt im Detail. Und diese Detailfragen werden die Versuche im Bedretto-Untergrundlabor beantworten müssen, will man die Tiefengeothermie als Teil der Energiestrategie 2050 in der Schweiz nutzbar machen. «Wenn die Versuche im Bedretto-Untergrundlabor schiefgehen, bleibt die Zukunft der Tiefengeothermie in der Schweiz fragwürdig», betont Giardini. «Nur wenn wir mit Sicherheit sagen können, dass das Risiko, durch Bohrungen ein gefährliches Erdbeben auszulösen, kontrollierbar ist, dürfen Tiefengeothermie-Kraftwerke zur Stromgewinnung gebaut werden. Darauf müssen die Behörden, die Bevölkerung, die Industrie und wir selbst vertrauen können.»

Und wie schätzt Domenico Giardini die Chancen für eine Etablierung der Tiefengeothermie in der Schweiz ein? Erstaunlich hoch: «Es braucht zwar etwas Zeit, bis alle Bereiche des täglichen Lebens mit nachhaltiger Energie versorgt werden können. Aber ich denke, im Jahr 2050 könnte und sollte jeder Kanton in der Schweiz ein Geothermie-Stromkraftwerk haben.»

Im stillgelegten Stollen, in dem das Bedretto-Untergrundlabor auf etwa halbem Weg eingerichtet wurde, musste als Erstes die Belüftung (links), die Stromversorgung und die Kommunikation (rechts) sichergestellt werden.

Tief im Berg

Das Bedretto-Untergrundlabor befindet sich in einem stillgelegten Belüftungsstollen des Furka-Tunnels der Matterhorn Gotthard Bahn. Der 5,2 km lange Stollen ist mit knapp 3 m Durchmesser recht schmal. Dort hinein musste die ganze von der Werner Siemens-Stiftung finanzierte Infrastruktur für die Erforschung der Tiefengeothermie. Der Geophysiker Marian Hertrich von der ETH Zürich, Manager des Bedretto-Untergrundlabors, erzählt im Gespräch, wie er und die in- und ausländischen Teams mitten im Gotthardmassiv Versuche durchführen.



2,2 km lang ist der unterirdische Arbeitsweg der Forschenden ins Bedretto-Untergrundlabor.

Marian Hertrich, Geophysiker an der ETH Zürich, ist der Manager des Bedretto-Untergrundlabors. Er koordiniert die verschiedenen Forschungsgruppen und Experimente.

Das Bedretto-Untergrundlabor wurde im Mai 2019 offiziell eingeweiht. Kurz danach starteten die ersten Versuche. Was machten Sie als Erstes?

Marian Hertrich: Wir mussten zuerst den Normalzustand des Tunnels bestimmen. Dazu haben wir die Tunnelwände kartiert, um herauszufinden, wo es welches Gestein gibt und welche Art Risse – oder Klüfte, wie wir Geologen sagen – bereits existieren. Wir massen die bestehende Spannung im Gestein und liessen das grosse Bohrloch und die drei Bohrlöcher für die Kontrollmessgeräte von einer spezialisierten Firma bohren. Diese Vorexperimente lieferten bereits wichtige Informationen zur Elastizität und zum Bruchverhalten des Gesteins – vor den eigentlichen Versuchen.

Das Bedretto-Untergrundlabor ist mit neuesten Geräten ausgestattet. Wie kamen sie in den Tunnel?

Mit einem elektrischen Bauwagen. Mit ihm haben wir acht Lastwagenladungen Material in den Tunnel gefahren: Bohrgestänge, Motoren, Schiebegestänge, Ketten, Packer-Systeme, Computer und vieles mehr. Bei den beschränkten Platzverhältnissen war das eine grosse logistische Herausforderung.

Seit August 2019 sind die Forschenden im Bedretto-Untergrundlabor tätig. Das Labor liegt 2,2 km weit im Felsinnern. Müssen sie den Weg immer zu Fuss zurücklegen?

Ich selbst gehe gerne zu Fuss. Aber die Forschenden können auch mit dem elektrischen Bauwagen hinein- und hinausrollen, allerdings fährt der auch nur im Schritttempo.

Wie gut eignet sich das Bedretto-Untergrundlabor für die Versuche der Tiefengeothermie?

Es eignet sich gut, weil das Gestein bereits eine ideale Anzahl Klüfte aufweist, die wir durchbohren und nutzen können. Gleichzeitig brauchen wir aber auch ausreichend ungeklüftete Bereiche, die wir für die Stimulation nutzen können, um neue Risse zu erzeugen. Die gibt es ebenfalls im Bedretto-Untergrundlabor. Uns steht hier ein riesiges Felsvolumen zur Verfügung, welches wir gezielt stimulieren können.

Die Stimulation des Gesteins ist von zentraler Bedeutung bei der Tiefengeothermie – was muss man sich darunter vorstellen?

Wir pumpen Wasser unter hohem Druck in die Bohrlöcher und bewirken damit, dass sich im Granit zahlreiche Klüfte bilden. Dies soll möglichst kontrolliert ablaufen. Das heisst: Das Wasser soll das Gestein erst am Ende des Bohrlochs aufbrechen. Das Aufbrechen des Gesteins bewirkt Bewegungen im Untergrund, doch diese sollen natürlich keine spürbaren oder sogar schadenbringenden Erdbeben verursachen.

Kann man diese Bewegungen im Untergrund kontrollieren?

Um die Kluftbildung zu kontrollieren, setzen wir sogenannte Packer-Systeme ein. Das sind aufblasbare Elemente – ähnlich wie Ballone – an einem langen Gestänge, die wir in das Bohrloch einbringen. Dann blasen wir sie um ein paar Millimeter auf, damit sie die Bohrlochwand vollständig verschliessen. Entlang des Gestänges gibt es 10 bis 15 dieser Packer; so unterteilen wir das Bohrloch in

einzelne Abschnitte. Wenn wir anschliessend Wasser in das Bohrloch pumpen, steht dadurch nicht das ganze Bohrloch unter Druck, sondern immer nur der Bereich zwischen zwei Packern. So können wir das Bohrloch abschnittweise, kontrolliert und wohldosiert dazu bringen, Kluftsysteme in den heissen Gesteinsbereichen zu bilden. Das Felsvolumen, das wir mit dem Wasser durchströmen können, um die Wärme des Gesteins zu nutzen, nennen wir im Fachjargon Reservoir.

Gibt es in den Reservoirs Wasser?

Das hängt von der Art des Geothermie-Projekts ab. Im Fall von Bedretto besteht das Reservoir aus geklüftetem Granit – es ist ein Wärmereservoir, in dem sich hineingepumptes Wasser erwärmen kann. Um die tiefe Erdwärme zu nutzen, pumpen Tiefengeothermie-Kraftwerke kaltes Wasser in die heissen Reservoirs, wo es sich erhitzt. Dann wird das heisse Wasser an die Oberfläche geholt und in Turbinen geleitet, die Strom erzeugen.

Wie tief ist das Bohrloch?

Bei unseren Versuchen bohren wir 300 m im 45°-Winkel zum Boden in den Granit hinein. Bei einer idealen Geothermie-Bohrung würden wir senkrecht in die Tiefe bohren und unten die Bohrung horizontal ablenken. Diese Möglichkeit haben wir hier leider nicht, weil das Bohrgestänge gut 5 m lang ist und der Tunnel nur gerade knapp 3 m hoch. Deshalb simulieren wir quasi den letzten Teil einer idealen Tiefenbohrung: die horizontale Ablenkung ins Gestein.

In welches Gestein bohren Sie?

In den Rotondo-Granit. Das ist ein sehr homogener Granitkörper, der über mehrere hundert Meter gleich beschaffen ist.

Granit ist ja sehr hart, ist das ein Vorteil oder ein Nachteil für Ihre Forschung?

Bohrungen in Granit sind teurer und aufwändiger als in weicherem Sedimentgestein, doch weist Granit gute Brucheigenschaften auf.

Kann man die Resultate der Versuche im Rotondo-Granit problemlos auf andere geologische Gegebenheiten übertragen?

Nein, doch für die Tiefengeothermie-Projekte in der Schweiz sind unsere Experimente hoch relevant. Denn in der Nordschweiz trifft man in einigen Kilometern Tiefe ebenfalls auf homogenen Granit. Auch andere Länder wie Skandinavien befinden sich auf grossen Granitkörpern und werden deshalb unsere Erkenntnisse nutzen können. Tiefengeothermie-Projekte in München oder Wien hingegen müssen in Kalkstein operieren, wo es ein anderes Verfahren braucht, um das Gestein für die Geothermie zu nutzen.

Wer ist am weitesten?

In Bezug auf das detaillierte Prozessverständnis, das benötigt wird, um die Tiefengeothermie langfristig effizienter und auch sicherer zu machen, ist die Schweiz mit dem Bedretto-Untergrundlabor und dem Grimsel-Felslabor ganz vorne mit dabei.

Gibt es eine neutrale Instanz, die die Experimente im Bedretto-Untergrundlabor überwacht?

Ja, eine neutrale Überwachungsinstanz ist uns ganz wichtig. Der Schweizerische Erdbebendienst an der ETH Zürich gehört daher zu unserem Projektteam. Seine Mitarbeiter begleiten unsere Arbeiten sehr eng und unterstützen uns bei der Planung und Durchführung der Messungen. Um auch kleinste Erdbeben zu erkennen, haben wir grossräumig um das Bedretto-Untergrundlabor herum drei neue Seismometer installiert: am Furka-, Nufenen- und Gotthardpass. Ebenso im Innern des Tunnels, wo sich ein Seismometer ganz am Anfang des Tunnels, eines ganz am Ende und drei direkt im Umfeld des Untergrundlabors befinden. Die Messungen werden alle vom Schweizerischen Erdbebendienst kontrolliert, und die Ergebnisse sind für die Öffentlichkeit online einsehbar.

Das Bohrloch (auf dem Bild oben mit Metallverschluss), das für die kontrollierten Experimente benötigt wird, hat einen Durchmesser von gut 9 cm und reicht rund 300 m in die Tiefe. Es wurde im 45°-Winkel zum Boden des Tunnels in den Granit gebohrt (Bild unten).

Die langen Gestänge mit aufblasbaren Teilstücken, sogenannte Packer-Systeme (vorne im Bild), werden ins Bohrloch eingebracht. So können gezielt Stellen im Felsinnern unter Druck gesetzt werden, damit sich dort die gewünschten Klüfte bilden.

Zahlen und Fakten

Projekt

Im Bedretto-Untergrundlabor führen internationale Forschungsgruppen kontrollierte Experimente unter realitätsnahen Bedingungen zur sicheren Nutzung von Tiefengeothermie durch. Sie wollen herausfinden, wie sich Erdbeben besser vorhersagen lassen und wie sich das Gestein bei Tiefenbohrungen und Stimulationen verhält.

Unterstützung

Die Werner Siemens-Stiftung unterstützt den Ausbau des Bedretto-Untergrundlabors und das Flagship-Projekt MISS (Mitigating induced seismicity for successful geo-resources applications), bei dem untersucht wird, wie die Auswirkungen induzierter Erdbebenaktivitäten reduziert werden können, um so die Voraussetzungen zu schaffen, dass die Tiefengeothermie genutzt werden kann.

Mittel der Werner Siemens-Stiftung

12 Mio. Schweizer Franken

Projektdauer

2018–2024

Projektleitung

Prof. Dr. Domenico Giardini, Professor für Seismologie und Geodynamik, ETH Zürich

Forschungsförderer

ERC 2019 Synergy Grant des European Research Council; EU-Forschungsprogramm «Horizon 2020»; Multinationales EU-Verbundprojekt GEOTHERMICA; ETH Zürich; Werner Siemens-Stiftung; Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung; Bundesamt für Energie, Schweiz; Innosuisse – Schweizerische Agentur für Innovationsförderung

Eigentümer des Tunnels

Matterhorn Gotthard Bahn

Baukomitee

ETH Zürich; Swisscom

Betreiber des Labors

ETH Zürich, Departement für Erdwissenschaften

Sponsoren des Labors

ETH Zürich; Werner Siemens-Stiftung

Forschungspartner

ZoDrEx; DESTRESS – Demonstration of soft stimulation treatments of geothermal reservoirs; Swiss Competence Center for Energy Research – Supply of Electricity; Validation of Technologies for Reservoir Engineering (VTRE); Schweizerischer Erdbebendienst an der ETH Zürich; ETH Zürich; EPFL; Université de Lausanne; Université de Neuchâtel; Anger; Cetim; CSIC; IDAEA; és géothermie; Geo Energie Suisse AG; GZB; Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH) Aachen; Sirius E.S. GmbH; Welltec

Sicherheit

Suva; SiBau Management GmbH; Schweizerischer Erdbebendienst an der ETH Zürich

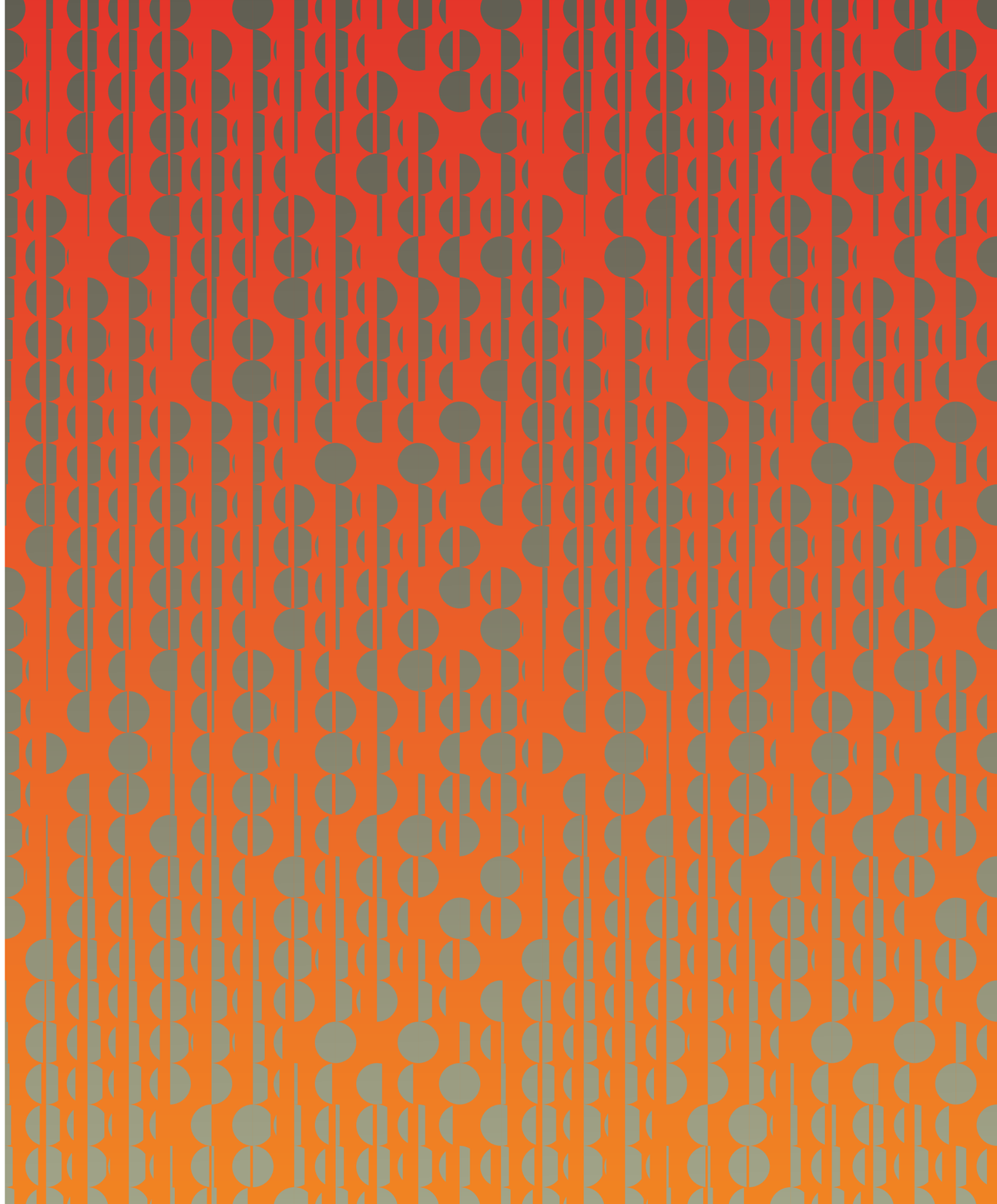
Bau

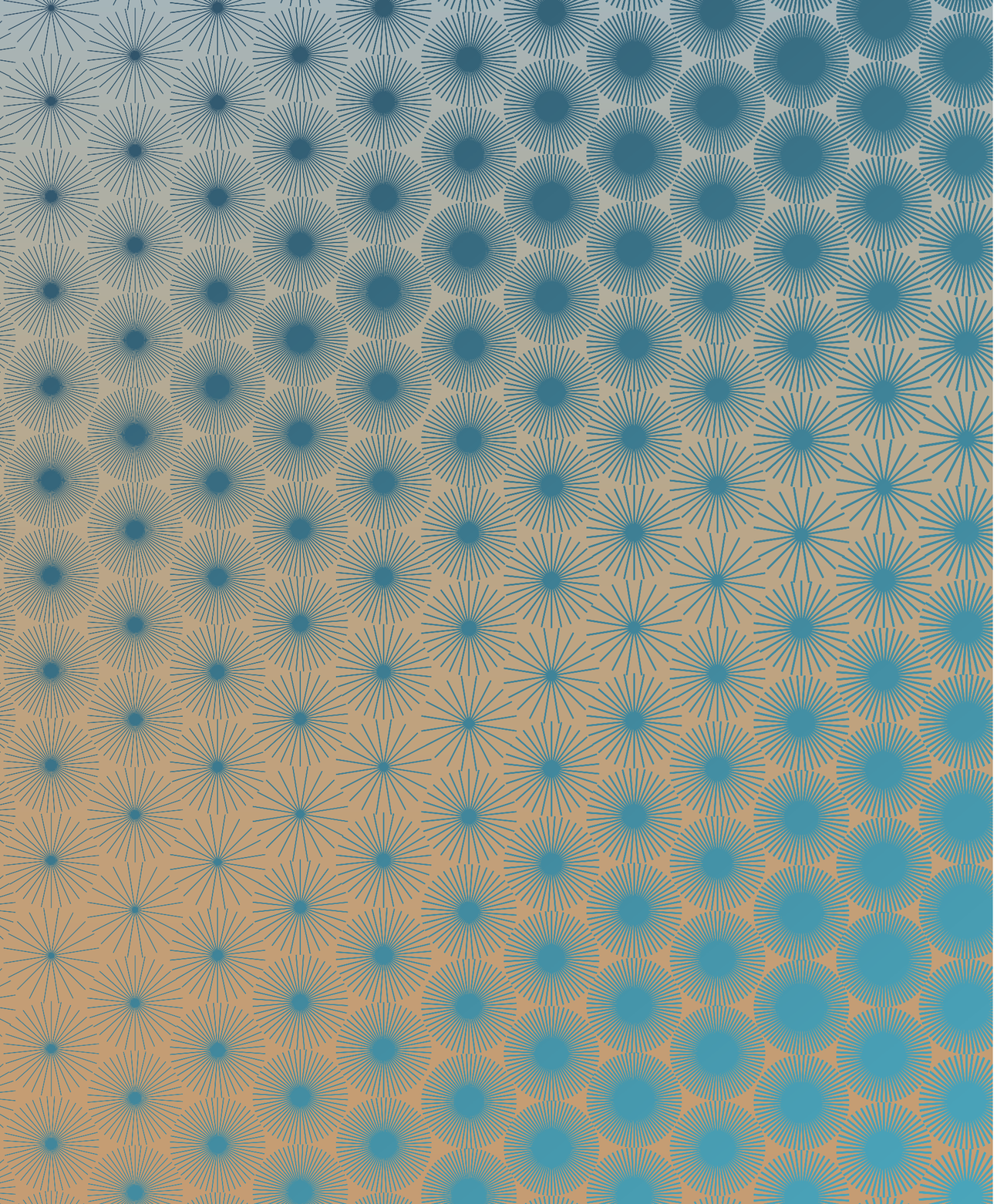
Baumeler Leitungsbau AG; Fretus AG; Azienda elettrica comunale Bedretto; awa PlanBau GmbH; Cava di estrazione di ghiaia di Bedretto

einzigartig vielversprechend entscheidend

Innovation

Mit dem Bedretto-Untergrundlabor unterstützt die Werner Siemens-Stiftung die Erforschung der Tiefengeothermie unter realitätsnahen Bedingungen, weil sie die Nutzung der tiefen Erdwärme als wichtig erachtet. In der Schweiz könnte die Tiefengeothermie im Hinblick auf die Energiewende 2050 eine CO_2-neutrale Alternative zu den fossilen Brennstoffen werden.





Wirkstoffe aus der Frühzeit

Paläobiotechnologie – prähistorische antibakterielle Naturstoffe gewinnen

Die Neandertaler kannten keine Zahnhygiene, daher weisen ihre Zähne viele unappetitliche Ablagerungen auf. Für eine Archäologin und einen Biotechnologen in Jena ist das ein grosses Geschenk. Denn sie wissen, dass im prähistorischen Zahnstein Mikroben konserviert sind. Einige dieser prähistorischen Bakterien könnten den Menschen in Zukunft helfen, gesund zu bleiben.

Zurück in die Zukunft

Christina Warinner auf dem Weg in die Vergangenheit – beziehungsweise in den Reinraum des Max-Planck-Instituts für Menschheitsgeschichte. Dort forscht sie unter strengen Hygienebedingungen nach uralten Naturstoffen.

Bakterien werden zunehmend resistent gegen Antibiotika – eine Bedrohung für unsere Gesundheit. Der Chemiker und Biotechnologe Pierre Stallforth und die Archäologin Christina Warinner gehen das Problem der Antibiotikaresistenzen höchst innovativ an: Sie suchen in der Frühzeit des Menschen nach Stoffen, die gegen heutige resistente Bakterien wirken. Dass die Neandertaler ihre Zähne nicht putzten, erweist sich dabei als Segen.

Es ist ein Glanzpunkt in der Geschichte der Medizin: 1928 bemerkt der schottische Bakteriologe Alexander Fleming zufällig in seinem Labor, dass Pilze der Gattung *Penicillium* das Wachstum von Bakterien hemmen. Seine Entdeckung rettet in den folgenden Jahrzehnten in Form von zahlreichen Antibiotika Millionen von Menschen das Leben.

Das Erbe von Alexander Fleming ist jedoch in Gefahr. Zu sorglos sind wir in den vergangenen Jahrzehnten mit den Wundermedikamenten umgegangen. Und zu anpassungsfähig sind die Bakterien. Sie entwickeln zunehmend Abwehrmechanismen gegen Antibiotika und werden resistent. Krankheiten wie Lungenentzündung und Tuberkulose werden damit schwieriger oder plötzlich nicht mehr behandelbar. Schätzungen gehen derzeit von weltweit bis zu 700 000 Todesfällen pro Jahr aufgrund von Antibiotikaresistenzen aus.

Die Suche nach Vielfalt

In den letzten Jahrzehnten wurden nur wenige neue Antibiotika entwickelt. Jetzt aber kommt Schwung in die Suche – dank findiger Köpfe mit unkonventionellen Ideen und dank technologischer Innovationen. Zwei solche Forschende unterstützt die Werner Siemens-Stiftung in Jena im Bundesland Thüringen: den Biotechnologen Pierre Stallforth vom Leibniz-Institut für Naturstoff-Forschung und Infektionsbiologie und die Archäologin Christina Warinner vom Max-Planck-Institut für Menschheitsgeschichte. Gemeinsam suchen sie im Rahmen des Projektes «Paläobiotechnologie» an einem überraschenden Ort nach neuen Wirkstoffen gegen Bakterien – in der Frühzeit des Menschen.

Ihre Überlegungen: Bakterien haben sich schon immer mit antibiotischen Stoffen gegen Feinde und Konkurrenten – etwa gegen andere Bakterien – gewehrt. Das kann sich auch der Mensch zunutze machen. Schon heute basieren drei Viertel aller Antibiotika auf solchen sogenannten Naturstoffen, die von Bakterien erzeugt werden. Seit den 1970er-Jahren sind allerdings nur chemisch sehr ähnlich aufgebaute Antibiotika entwickelt worden. Das macht es Bakterien leichter, resistent zu werden.

«Wir brauchen neue Wirkstoffklassen von Antibiotika», sind Stallforth und Warinner überzeugt und haben sich in der Frühzeit auf die Suche danach gemacht. Sie wollen resistente Bakterien mit Wirkstoffen überraschen, die in der Natur heute nicht mehr vorkommen. Neueste Methoden der Biotechnologie machen es möglich, solche Naturstoffe wiederherzustellen. Das «Rezept»: Man suche im Erbgut von Bakterien aus der Frühzeit nach denjenigen DNA-Abschnitten, die für die Herstellung solcher Wirkstoffe zuständig sind, und baue sie in heutige Bakterien ein. Das Resultat: Die Bakterien werden im Labor Naturstoffe aus der Frühzeit produzieren. Warinner und Stallforth werden also Nützliches aus der Vergangenheit in die Gegenwart holen, um damit die Medizin der Zukunft zu gestalten. Welche einzelnen Schritte dazu nötig sind, zeigt die Bildfolge ab Seite 52.

Zahnstein als Zeitkapsel

Das Vorgehen von Christina Warinner und Pierre Stallforth erinnert an den Film «Jurassic Park». Dort erwecken Genetiker aufgrund von DNA-Funden Dinosaurier zum Leben. Nicht sehr realistisch, so das Fazit von Christina Warinner: «Die Dinosaurier sind vor rund 70 Millionen Jahren ausgestorben. Da dürften kaum noch Überreste von Erbgut zu finden sein.» Biotechnologe Pierre Stallforth ergänzt: «Und wenn, dann lässt sich damit kein so komplexes Lebewesen wie ein Dinosaurier zum Leben erwecken.» Das Vorhaben von Warinner und Stallforth mutet daneben bescheiden, vor allem aber realistischer an. Sie reisen «nur» 100 000 Jahre in die Altsteinzeit und beschäftigen sich mit winzigen Naturstoff-Molekülen.

Für ihre Reise in die Vergangenheit brauchen sie keine Zeitmaschine, sondern schlicht – Zahnstein. Dieser hat sich für die Archäologie als Goldgrube erwiesen. Nirgendwo lässt sich so viel und so gut erhaltene DNA finden wie in Zahnstein, konnte Warinner in ihrer bisherigen Forschung zeigen. Sie ist als Archäogenetikerin in der Fachwelt weltweit bekannt für die Analyse alter DNA. Aufgrund ihrer bisherigen Forschung verfügt sie über Hunderte von Zahnsteinproben aus aller Welt und aus unterschiedlichen Zeitepochen.

Wie in einer Zeitkapsel ist im Zahnstein alles versteinert erhalten geblieben, was die Menschen damals im Mund hatten – Nahrungsreste, aber auch Tausende von Bakterienarten. Ein Glück für die Forschung, dass Neandertaler und andere Frühformen des Menschen noch keine Zahnbürste und Dentalhygiene kannten. Sonst wäre uns dieses «orale Mikrobiom» – die Gesamtheit der Mikroorganismen, die den Mund besiedeln – nicht erhalten geblieben.

Neuartige Herausforderung

Die Aufgabe von Pierre Stallforth wird es sein, die verloren gegangenen Naturstoffe mit antibiotischer Wirkung

Blick von oben auf die prähistorische «Zeitkapsel» – in Zahnstein findet man bis zu 100 000 Jahre alte Nahrungsreste und Tausende von Bakterienarten.

Der Chemiker und Biotechnologe Pierre Stallforth leitet das Projekt Paläobiotechnologie. Mithilfe der Kernspinresonanzspektroskopie identifizieren er und sein Team Naturstoffe aus der Frühzeit.

wiederherzustellen. Der Chemiker und Biotechnologe ist spezialisiert auf die Analyse und Synthese von Naturstoffen und hat in seiner bisherigen Forschung bereits vielversprechende Kandidaten entdeckt. Möglich machen dies neue Technologien wie das «Next Generation Sequencing» (NGS), das eine schnelle und genaue DNA-Analyse erlaubt, sowie neue Methoden der Gensynthese.

DNA aus der Vergangenheit wieder nutzbar zu machen, ist allerdings auch für Biotechnologen eine neuartige Herausforderung. Entsprechend wird das Team um Pierre Stallforth im Rahmen des Projekts bestehende Technologien erst weiterentwickeln müssen. Denn das prähistorische Erbgut wird in Form zerstückelter Fragmente vorliegen. Diese DNA-Schnipsel müssen die Forschenden erkennen, richtig zusammenfügen und Lücken mithilfe der Bioinformatik ergänzen.

Für ein derart komplexes Projekt ist interdisziplinäre Expertise gefragt. Diese kommt am Forschungsstandort Jena zusammen: Hier forschen Expertinnen und Experten aus Archäologie, Molekularbiologie, Chemie und Biotechnologie eng zusammen – unter anderem in einem Exzellenz-Cluster zum Thema Mikroben-Gemeinschaften an der Friedrich-Schiller-Universität.

Aus der Evolution lernen

Für Christina Warinner geht derzeit ein Traum in Erfüllung: «Dank neuer Technologien können wir immer weiter zurück in die Vergangenheit sehen. So eröffnet sich uns eine ganz neue Welt.» Gut möglich, dass die Teams von Warinner und Stallforth auch noch Naturstoffe finden, die sich als alternative Energiequellen, Farbpigmente oder Materialien für die Industrie nutzen lassen. Doch in erster Linie geht es darum, die Vielfalt von Antibiotika zu erhöhen.

Gleichzeitig wird das Projekt «Paläobiotechnologie» helfen, Grundlegendes zur Geschichte der Menschheit zu klären. Dazu gehören die Fragen, wie sich Bakterien und die von ihnen produzierten antibiotischen Naturstoffe sowie die Resistenzen dagegen im Laufe der Evolution entwickelt haben. Klar ist: Resistenzen sind nicht erst mit der Herstellung von Antibiotika durch den Menschen entstanden. Bakterien fanden schon vor Zehntausenden von Jahren Wege, sich gegen die antibiotischen Stoffe ihrer Feinde und Konkurrenten zu wehren.

Deshalb machen sich Warinner und Stallforth keine Illusionen: Bakterien werden auch gegen neue Antibiotika wieder Resistenzen entwickeln. «Wenn wir aber verstehen, wie Bakterien im Laufe der Zeit resistent wurden, kann das Hinweise geben, wie Antibiotika beschaffen sein müssen, damit dies möglichst lange nicht geschieht», sagt Stallforth. Um die Evolution der Bakterien, Naturstoffe und Resistenzen zu verstehen, werden die Forschenden deshalb auch Vergleiche mit heutigen Mikrobiomen anstellen. Von Interesse sind dabei unter anderem die Mikrobiome traditionell lebender Gesellschaften in der Mongolei oder in Kamerun, die keine industriell hergestellten Nahrungsmittel essen und wenig Kontakt mit pharmazeutisch hergestellten Antibiotika haben.

Resistenzen hinausschieben

«Die Verhinderung von Resistenzen ist ansonsten vor allem auch eine politische und Public-Health-Aufgabe», betont Pierre Stallforth. Es geht darum, neu gewonnene Antibiotika vorsichtig anzuwenden, beispielsweise nur als Reservemedikament oder in Kombination mit anderen Wirkstoffen. Ausserdem müsse unbedingt verhindert werden, dass Antibiotika-Abfälle aus den Produktionsstätten in die Natur gelangen, wie dies etwa in Indien oft geschieht. «Wenn wir hier vorsichtiger sind, können wir neue Resistenzen um Jahrzehnte hinausschieben», so Stallforth.

Die Suche nach neuen antibiotischen Wirkstoffen wird trotzdem immer weitergehen müssen. Im Rahmen des Projektes «Paläobiotechnologie» wollen die Forschenden deshalb ein Verfahren entwickeln, um in Zukunft grosse Mengen von Naturstoffen effizient gewinnen und auf ihre antibiotische Wirkung testen zu können. Bis 2029 werden die Teams dabei von der Werner Siemens-Stiftung unterstützt. Damit sie bis dann auch für die Pharmaindustrie interessante Wirkstoffe vorlegen können, werden sie vielversprechende Naturstoffe bereits präklinisch testen. So können sie herausfinden, ob diese in Zellkulturen und im Tierversuch wirksam sind – und ungefährlich.

Weltpremiere

Das Forschungsprojekt ist eine Weltpremiere: Noch nie hat jemand in Fossilien nach neuen Antibiotika gesucht und versucht, Naturstoffe ausgestorbener Bakterien wieder zum Leben zu erwecken. Christina Warinner und Pierre Stallforth suchen in einer einzigartigen Nische, die eine bisher unentdeckte Vielfalt von potenziellen Antibiotika verspricht. Mit Unterstützung der Werner Siemens-Stiftung können Warinner und Stallforth gemeinsam den weltweit neuen Forschungszweig der Paläobiotechnologie begründen – und auch nachhaltig verankern, unter anderem in Form einer interdisziplinären Graduiertenschule. Dort lernen die Archäologen von morgen die biotechnologischen Methoden kennen und die Biotechnologinnen das anthropologische Rüstzeug für ihre Arbeit – für die gemeinsame Reise in die Vergangenheit und in die Zukunft.

Der unkonventionelle Mikroben-Versteher

Der Chemiker und Biotechnologe Pierre Stallforth erforscht das Zusammenspiel von Mikroben und ihrer Umwelt. Der Wunsch, neue Erkenntnisse zum Wohle der Menschen nutzbar zu machen, liegt für ihn auf der Hand – und in der Familie.

Die Laborbakterien und die daraus gewonnenen Naturstoffe werden bei minus 80 Grad Celsius gelagert.

Projektleiter Pierre Stallforth kann in Jena dank der Unterstützung der Werner Siemens-Stiftung den weltweit ersten Forschungsbereich Paläobiotechnologie aufbauen.

Es mag ein Klischee sein, aber bei Pierre Stallforth stimmt es: Er besass schon als Kind einen Chemiebaukasten und wusste, dass er eines Tages Chemie studieren würde. Auf diese Idee kam der heute 37-Jährige nicht zuletzt in der Arztpraxis seines Vaters in Augsburg. Schon als Kind hantierte er dort im Labor mit Reagenzgläsern. Im Gegensatz zu anderen jugendlichen Chemiebaukasten-Fans setzte Pierre Stallforth den Plan in die Tat um und studierte an der Universität Oxford Chemie. Als Doktorand an der ETH Zürich widmete er sich anschliessend der Aufgabe, einen Impfstoff zu entwickeln, der keine Proteine enthält – und entsprechend hitzestabil ist. Dies hätte enorme Vorteile für den Einsatz in warmen Ländern, in denen die Kühlkette für Medikamente fehlt. Sein Vorhaben gelang, und der Ansatz für einen neuartigen Impfstoff wird mittlerweile von einem Biotechnologieunternehmen weiterverfolgt.

Kommunizierende Mikroben

Die Verbindung von Grundlagenforschung und ihrer Anwendung in der Praxis fasziniert Pierre Stallforth. Nach dem Postdoktorat an der Harvard Medical School bei Boston kehrte er 2013 nach Deutschland zurück. Seither leitet er am Leibniz-Institut für Naturstoff-Forschung und Infektionsbiologie in Jena eine Forschungsgruppe. Sein Spezialgebiet ist das Zusammenspiel von Mikroorganismen: Wie kommunizieren und kooperieren sie – und wie bekämpfen sie sich? Bei der Abwehr von Feinden und Konkurrenten spielen antibiotisch wirkende Naturstoffe eine wichtige Rolle, wie seine Forschungsgruppe zeigen konnte. Pierre Stallforth geht gerne neue Wege. Wo andere Forschungsgruppen einzelne Wirkstoffe betrachten, untersucht er das Zusammenspiel mehrerer Stoffe und ihrer Umwelt. Dabei entdeckte er kürzlich eine neue Wirkstoffkombination gegen gewisse multiresistente Keime; sie basiert auf zwei von demselben Bakterium produzierten antibiotischen Naturstoffen, die sich in ihrer Wirkung potenzieren. Am Leibniz-Institut wird die neue Strategie jetzt weiter getestet.

Neuer Forschungsbereich

Unkonventionelle Wege wird er auch im Projekt «Paläobiotechnologie» einschlagen, das ab 2020 von der Werner Siemens-Stiftung unterstützt wird. Zeitpunkt und Ort dafür sind perfekt: Die technologischen Möglichkeiten sind soweit gediehen, und die Expertise für das gemeinsam mit der Archäologin Christina Warinner lancierte Projekt ist in Jena vorhanden. «Es war ein Glücksfall, dass ich Christina Warinner im Rahmen eines Exzellenz-Clusters zu Mikroorganismen vor zwei Jahren kennengelernt habe», so Stallforth. Ihre unterschiedlichen Blickwinkel auf dieselben Fragen ergänzen sich perfekt: Wie können wir die Funktion der Gene von Bakterien besser verstehen? Wie lässt sich die Vielfalt der von prähistorischen Bakterien produzierten Naturstoffe für neue Antibiotika nutzen? Stallforth und Warinner starteten damals ein erstes gemeinsames Projekt und untersuchten das Erbgut eines mittelalterlichen Skeletts. Dass die Zusammenarbeit jetzt durch die Unterstützung der Werner Siemens-Stiftung für zehn Jahre fortgesetzt werden kann, ist für Pierre Stallforth einzigartig: «Es wird uns erlauben, in Jena den weltweit neuartigen Forschungsbereich der Paläobiotechnologie aufzubauen.»

Die Archäologin des Unsichtbaren

Nicht Überreste von Siedlungen oder alten Werkzeugen faszinieren die Archäologin Christina Warinner, sondern Bakterien. Sie will zeigen, wie bedeutend Mikroben für die Evolution des Menschen waren und warum wir sie mehr schätzen sollten.

«Bakterien verändern sich im Laufe der Zeit, ihre grosse Bedeutung für den Menschen bleibt», ist sich die Archäologin Christina Warinner sicher.

Christina Warinner, Archäologin mit Spezialisierung auf das Mikrobiom der Frühmenschen

Christina Warinner hat zuhause zwei Katzen und einen Hund. «Und Millionen anderer Haustiere», erzählt sie lachend. Zumindest betrachtet sie die unzähligen Bakterien, die unseren Körper besiedeln, ein bisschen wie Haustiere, seit sie sich in ihrer Forschung so intensiv mit ihnen beschäftigt. «Wir schätzen zu wenig, was diese Bakterien für uns tun», sagt die Archäologin. «Natürlich gibt es Mikroben, die uns krank machen. Aber seit Zehntausenden von Jahren helfen uns Bakterien auch, gesund zu bleiben.» Die Medizin hat erst begonnen, dieses «Mikrobiom» – also die Gesamtheit aller Mikroorganismen, die den menschlichen Körper besiedeln – zu erforschen. Warinner hilft mit, dessen Evolution zu klären. Während die Archäologie bisher vor allem Überreste von Siedlungen und Knochen ausgegraben hat, ist sie fasziniert von prähistorischen Mikroben – sie nennt es die «Archäologie des Unsichtbaren». Bei Vorträgen ruft sie das Publikum bisweilen scherzhaft dazu auf, auf das Zähneputzen zu verzichten, damit auch zukünftige Forschende noch Zahnstein untersuchen können.

Unbeirrbar und innovativ

Dass die Erforschung prähistorischen Zahnsteins ihr beruflicher Schwerpunkt werden würde, war nicht absehbar. Aufgewachsen in Kansas in den USA, wurde sie von ihren Eltern vor allem zum Sport ermuntert. Christina Warinner zog es aber mehr zu Büchern über wissenschaftliche Themen. Ihr breites Interesse liess sie lange über das passende Studienfach nachdenken. Sie entschied sich für die Schwerpunkte Mikrobiologie und Archäologie und fand ihre Berufung darin, Naturwissenschaften und Archäologie zu verbinden.

Nach dem Doktorat an der Harvard University wurde Christina Warinner Postdoktorandin an der Universität Zürich und untersuchte als weltweit erste Forscherin das Mikrobiom im Mund von Menschen aus der Frühzeit. Sie analysierte dazu vor allem Reste von Erbgut im Zahnstein. «In meinem akademischen Umfeld hielten mich viele für verrückt: Da wirst du keine DNA finden, die ist längst zerfallen!», erinnert sie sich. Warinner liess sich nicht beirren und bewies das Gegenteil. Anhand von DNA- und Eiweissspuren im Mikrobiom konnte sie rekonstruieren, wann und wo die Menschen begannen, Milchwirtschaft zu betreiben.

Neugierig und enthusiastisch

Weitere offene Fragen gibt es genug: «Wir verstehen noch viel zu wenig, was das Mikrobiom tut», so Warinner. Klar ist, dass das Mikrobiom heutiger Menschen in Europa und Nordamerika im Vergleich zu nicht industrialisierten Gesellschaften eine deutlich geringere Diversität aufweist. Das hat vermutlich mit der veränderten Ernährung, Hygiene und der Verbreitung von Antibiotika zu tun. Christina Warinner will deshalb mit Hilfe von Archäologie und modernster Technologie herausfinden, wie das Mikrobiom des Menschen vor der Industrialisierung ausgesehen hat. Für ihre Arbeit pendelt sie zwischen zwei Universitäten und Kontinenten – sie ist Professorin am Max-Planck-Institut für Menschheitsgeschichte in Jena und an der Harvard University in den USA. In Jena hat sie mit Pierre Stallforth einen Wesensverwandten gefunden: «Wir sind beide enthusiastisch und bereit, in der Forschung neue Wege zu gehen.»

Prähistorische Naturstoffe gewinnen

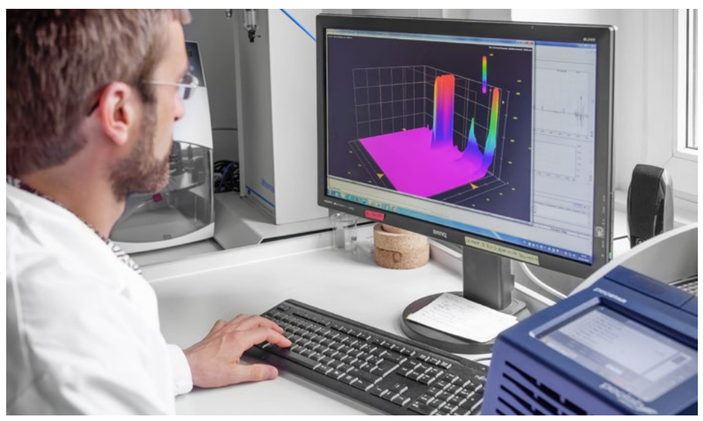
Die Forschenden der Paläobiotechnologie wollen das Erbgut von prähistorischen Bakterien nutzen, um Antibiotika herzustellen, die auch gegen resistente Erreger wirken. Wie die Archäogenetikerin Christina Warinner und der Chemiker und Biotechnologe Pierre Stallforth dabei vorgehen, illustriert die Bildfolge auf den nächsten Seiten.

1. Die Suche

Christina Warinner (links) und ihr Team verfügen über Tausende von archäologischen Funden aus aller Welt. Die Funde reichen bis 100 000 Jahre in die Geschichte der Menschheit zurück. Viele sind bereits genetisch untersucht worden. Jetzt gilt es in der Datenbank jene Objekte auszuwählen, die zu Naturstoffen mit antibiotischen Eigenschaften führen könnten – und damit vielversprechende Kandidaten für die Herstellung neuer Antibiotika sind.

2. Der Zahnstein

Die Zähne in einem 3000 Jahre alten Unterkiefer versprechen Erfolg. Nirgendwo sonst findet man so viel und so gut erhaltene DNA aus der Frühzeit wie in Zahnstein, weiss Christina Warinner, denn darin sind Nahrungsreste und Bakterien konserviert. Die Archäogenetikerin schabt den Zahnstein im Reinraum ab, dessen Umgebungsluft weitgehend frei von Partikeln ist, so dass nichts die Arbeit stören kann. Sie trägt ausserdem Schutzkleidung, damit sich ihre eigene DNA nicht mit dem prähistorischen Erbgut vermischt.



3. Das Puzzle

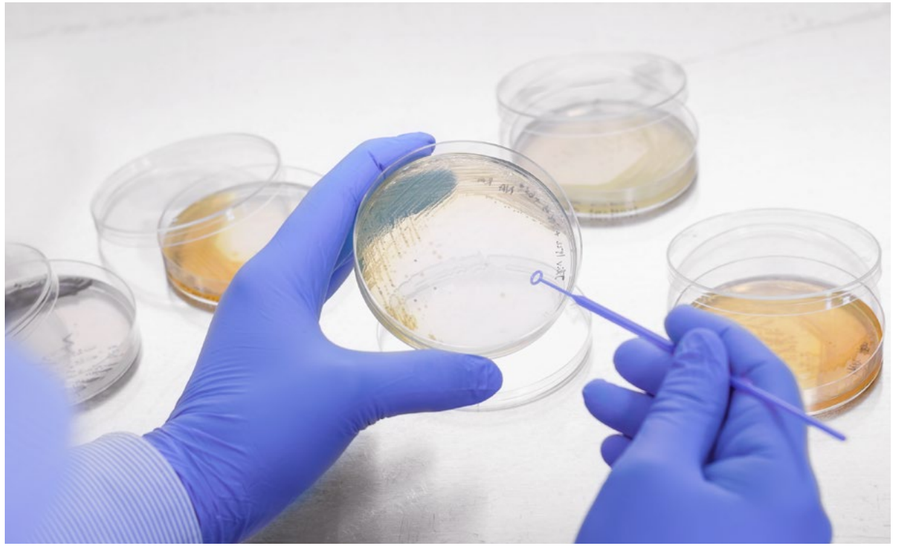
Mithilfe neuester Sequenzierungs-Technologie wird der Aufbau der prähistorischen Zahnstein-DNA bestimmt. Anschliessend werden diejenigen Abschnitte des Erbguts identifiziert, die für die Produktion von Naturstoffen zuständig sind. Dazu nutzt das Team von Pierre Stallforth Methoden der Bioinformatik. So können die DNA-Schnipsel richtig zusammengesetzt und Lücken im Erbgut ergänzt werden.

4. Die Reaktivierung

Sind die DNA-Abschnitte gefunden, die für die Produktion von antibiotischen Naturstoffen zuständig sind, können sie von Biotechnologe Pierre Stallforth (Mitte) und seinen Mitarbeitenden in heutige Laborbakterien eingebaut werden. Einen Teil der dazu nötigen Technologie müssen die Forschenden im Rahmen des Projektes zuerst noch entwickeln.

5. Die Ernte

Die Laborbakterien mit der ergänzten DNA werden in Stahltanks gezüchtet. Während dieser sogenannten Fermentation vermehren sie sich und produzieren auch die prähistorischen Naturstoffe – wie von ihrem veränderten Erbgut vorgesehen. In einem mehrstufigen Verfahren trennen die Forschenden die Naturstoffe von der Masse der Bakterien. In säulenartigen Gefässen (Bild links) wird schliesslich der reine Naturstoff gewonnen.



6. Die Stunde der Wahrheit

In Petrischalen kann man gut erkennen, ob die gewonnenen Naturstoffe gegen die häufigsten multiresistenten Bakterien wirken. Bis 2029 wollen die Forschenden neuartige Wirkstoffe aus prähistorischer DNA vorlegen, die für die Pharmaindustrie interessant sind – als Antibiotika oder auch gegen Krebs.

Zahlen und Fakten

Projekt

Das Leibniz-Institut für Naturstoff-Forschung und Infektionsbiologie – Hans-Knöll-Institut – und das Max-Planck-Institut für Menschheitsgeschichte in Jena suchen in prähistorischer DNA nach Naturstoffen, die sich unter anderem als Antibiotika nutzen lassen.

Unterstützung

Die Werner Siemens-Stiftung unterstützt den Aufbau des neuen Forschungsfeldes Paläobiotechnologie in Jena mit einer Professur, zwei Postdoktoranden, sieben Doktorierenden, zwei Technischen Assistenten und der Finanzierung von Infrastruktur.

MIttel der Werner Siemens-Stiftung

10 Mio. Euro

Projektdauer

2020–2029

Projektleitung

Dr. Pierre Stallforth, Gruppenleiter Chemie Mikrobieller Kommunikation am Leibniz-Institut für Naturstoff-Forschung und Infektionsbiologie – Hans-Knöll-Institut – in Jena

Akademische Partnerin

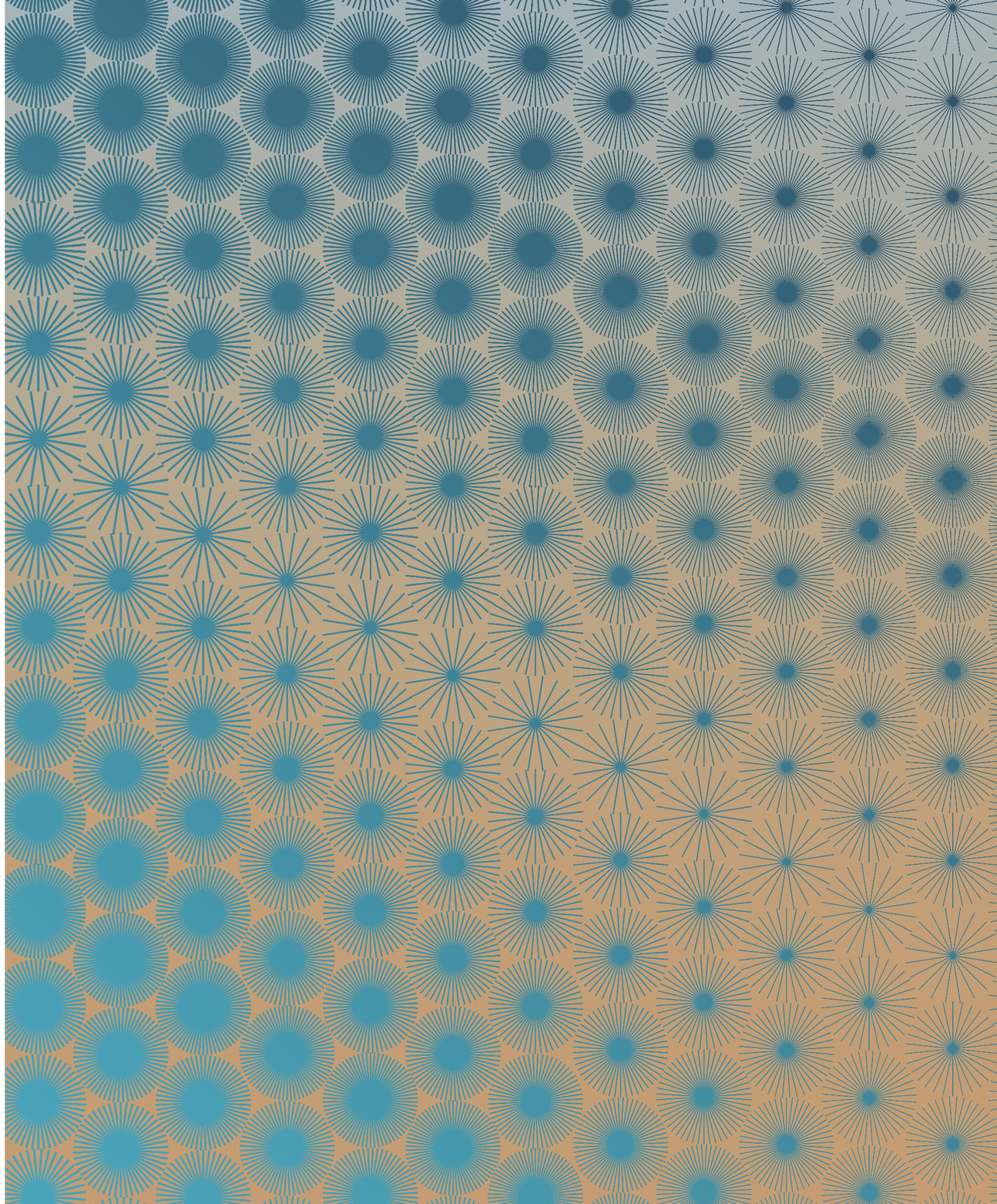
Prof. Dr. Christina Warinner, Gruppenleiterin Mikrobiom-Forschung am Max-Planck-Institut für Menschheitsgeschichte in Jena und Assistenzprofessorin an der Harvard University bei Boston

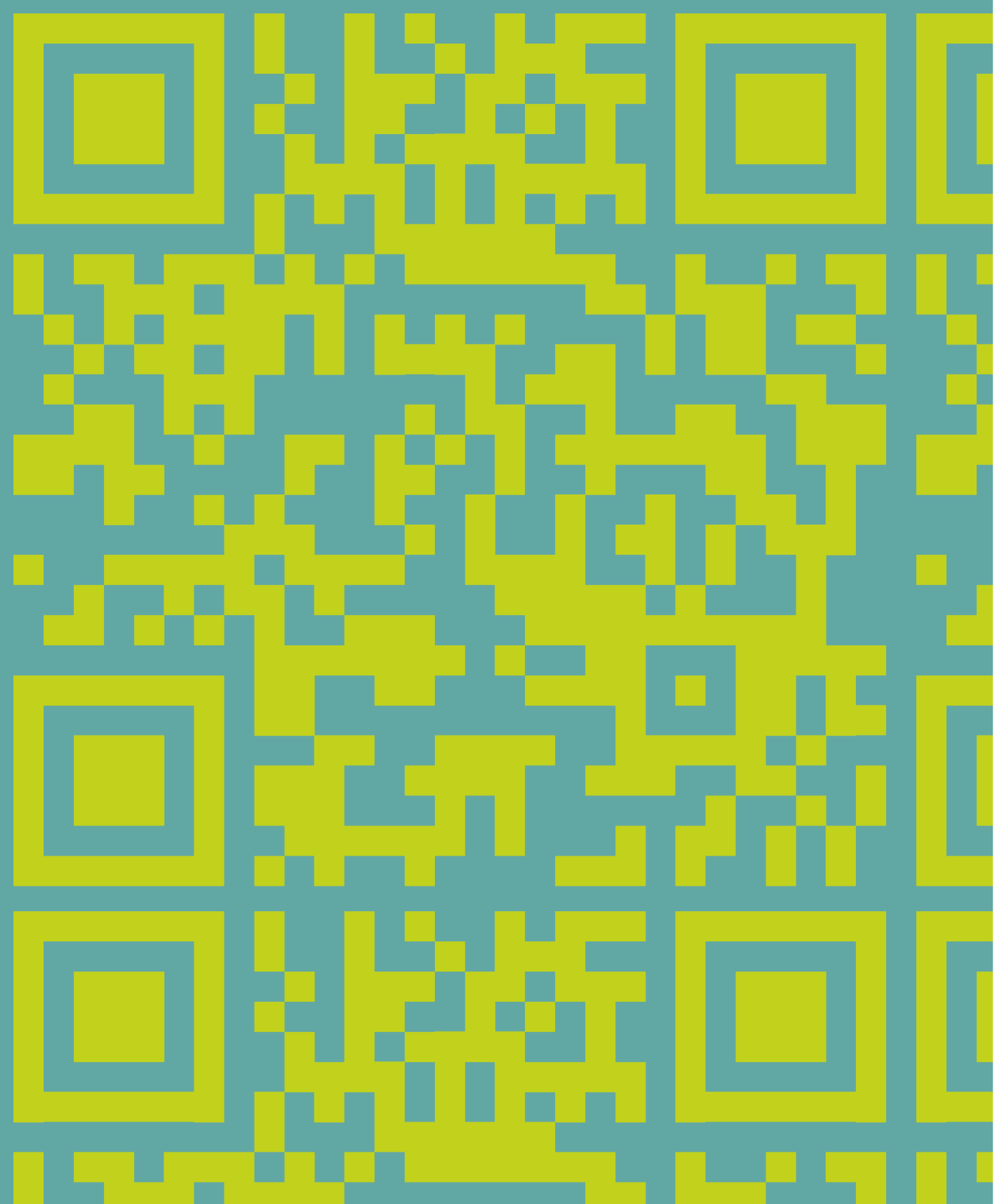
Ideale Bedingungen: Die Laborbakterien, die prähistorische DNA enthalten, werden in Stahltanks gezüchtet.

neuartig überraschend notwendig

Innovation

Die Werner Siemens-Stiftung finanziert den Aufbau des neuen Forschungsfeldes Paläobiotechnologie in Jena, weil das interdisziplinäre Forschungsteam einen vielversprechenden neuen Weg beschreitet, um das gravierende Problem der Antibiotikaresistenzen anzugehen.





Sicher, sicherer, Internet

Forschungsprojekt «Digitales Vertrauen» an der ETH Zürich

Im Leben jedes Menschen gibt es Situationen, in denen Small Talk nicht ausreicht. In denen man sich über etwas Wichtiges austauschen will, das vertraulich ist, heikel oder gar peinlich. Viele Jahrhunderte lang war klar, wer das Gegenüber war, dem man sich anvertraute – weil man die Person kannte und ihr vertraute. Doch dann wurde das Internet erfunden und mit ihm eine virtuelle Welt, in der nicht mehr sicher ist, ob ein Adressat wirklich derjenige ist, der er vorgibt zu sein.

Sicherer Datenaustausch

Regelmässig benutzen wir das Internet, um sensible Daten auszutauschen, etwa bei Online-Zahlungen oder bei E-Mails mit vertraulichem Inhalt. Wir verlassen uns dabei auf die bestehenden Sicherheitsvorkehrungen und -technologien. Doch weil die Cyberkriminalität in den letzten Jahren markant gestiegen ist, schwindet das Vertrauen der Nutzerinnen und Nutzer in den digitalen Datenaustausch. Im Rahmen des Forschungsprojekts «Digitales Vertrauen» wollen Informatik-Professoren der ETH Zürich und der Universität Bonn Sicherheitssysteme entwickeln, denen man hundertprozentig vertrauen kann.

Auch in Zeiten des Internets ist der Pöstler eine Instanz, der wir gerne wichtige Inhalte anvertrauen, die sicher vom Absender zum Empfänger gelangen sollen.

Digitale Technologien machen unseren Alltag zwar effizienter, doch ihre Nutzung setzt beim User viel Vertrauen voraus: Wir vertrauen dem Kartenleser an der Supermarktkasse, dem elektronischen Formular einer Behörde, dem Anbieter eines Online-Shoppings oder -Bankings. Normalerweise lehren uns unsere Erfahrung und unser Wissen, wem wir unter welchen Umständen vertrauen können. Doch auf diese «Antennen» können wir uns beim Nutzen des Internets nur bedingt verlassen. Das bestätigen auch die Zahlen: Zwischen 2011 und 2016 sind die Meldungen von Cyberkriminalität in der Schweiz von 5330 auf 14 033 angestiegen. Die Digitalisierung hat auch die Kriminalität verändert: Kriminelle Methoden werden raffinierter, und die Reichweite der Betrüger wird grösser, da sie auf einen Schlag eine grosse Zahl möglicher Opfer erreichen können.

Täuschen und betrügen

Um an Geld oder kostbare Daten zu gelangen, erfinden Betrügerinnen und Betrüger immer neue Methoden. Mit Hilfe einer *Malware* (Schadsoftware) werden Userinnen und User beispielsweise dazu verleitet, ihre Zugangsdaten für Konten auf täuschend echten Websites einzutragen oder auf eine gefälschte E-Mail zu reagieren. Neben diesen als *Phishing* bezeichneten Angriffen gibt es auch Methoden, bei denen die Daten etwa auf dem Weg zwischen Kunde und Bank abgefangen werden. *Spyware* (Spionagesoftware) kann sogar allein durch den Besuch einer dubiosen Website auf dem Computer installiert werden. Die Angreifer versuchen dabei, an jene Daten zu gelangen, mit denen sie eine fremde Identität im Netz glaubwürdig vortäuschen können.

Unsichere Zertifikate

Worauf vertrauen wir eigentlich, wenn wir von unserer Telekommunikations-Gesellschaft per Mail eine Telefonrechnung erhalten – und sie bezahlen? Auf den Namen unserer Telekommunikations-Gesellschaft als Absender? Darauf, dass wir wissen, bei dieser Gesellschaft einen Handyvertrag abgeschlossen zu haben? Vordergründig alles richtig, aber ohne es uns bewusst zu sein, verlassen wir uns in erster Linie darauf, dass unsere Telekommunikations-Gesellschaft eine seriöse Verschlüsselungstechnik benutzt. Beim sicheren Austausch von Daten im Internet müssen die Daten zuerst digital signiert und anschliessend mit einem spezifischen «Schlüssel» wieder geprüft werden.

Die Schlüssel werden in der sogenannten Public Key Infrastructure verwaltet. 1400 Zertifizierungsstellen in aller Welt stellen digitale Zertifikate aus, die einen (öffentlichen) Schlüssel einer bestimmten Person oder Internet-Adresse zuordnen. Diese «Certificate Authorities» beglaubigen diese Zuordnung mit ihrer eigenen digitalen Unterschrift. In der Praxis haben Web-Browser wie Safari oder Internet Explorer voreingestellte Listen von solchen Zertifikaten, wobei sie sich darauf verlassen, dass die Authentifizierungen der Zertifizierungsstellen vertrauenswürdig sind.

Keine Sicherheitsgarantie

Dieses Sicherheitssystem wurde in den Anfängen des Internets entwickelt, reicht aber unterdessen nicht mehr für alle Sicherheitsbedürfnisse aus. Ein grundlegendes Problem ist, dass eine einzige *kompromittierte* Zertifizierungsstelle die Sicherheit des gesamten Internets untergräbt. Eine

Zertifizierungsstelle gilt als kompromittiert, wenn unberechtigt in ihr Computersystem eingedrungen wurde, um gespeicherte Daten zu manipulieren.

Viele Fälle von gehackten Zertifikaten sind inzwischen bekannt geworden, darunter die Zertifikate versierter Firmen wie Microsoft, Yahoo, Skype, Mozilla und Google. Mithilfe gehackter Zertifikate gab sich zum Beispiel die amerikanische Sicherheitsbehörde NSA im Jahr 2013 als Google aus, um Bürgerinnen und Bürger auszuspionieren. Selbst wenn wir also beim Online-Banking im Browser-Fenster ein Schloss-Symbol sehen, ist dieses Sicherheits-Icon keine Garantie dafür, dass wir uns tatsächlich auf der Website unserer Bank befinden.

Vertrauensbeziehungen nutzen

Als entscheidende sicherheitsrelevante Probleme im Internet gelten heute Identität und Authentizität. Um die Probleme beim Übertragen von heiklen Daten zu beheben, haben die Informatik-Professoren David Basin, Peter Müller und Adrian Perrig von der ETH Zürich und Matthew Smith von der Universität Bonn ein neuartiges Konzept entwickelt: Vertrauensbeziehungen, die in der physischen Welt aufgebaut werden, sollen in die digitale Welt übertragen werden. Die digitale Kommunikation soll durch physische Vertrauensbeziehungen vorgängig abgesichert werden, indem die Identität des Senders einer vertraulichen Information eindeutig geklärt wird, so dass Nutzerinnen und Nutzer bei der zukünftigen Kommunikation sicher sein können, dass sie tatsächlich die Website ihrer Bank aufrufen oder die vorgeschlagenen Software-Updates wirklich bespielsweise von Microsoft stammen. Die gesicherten digitalen Vertrauensbeziehungen lassen sich umgekehrt auch nutzen, um die physische Kommunikation zu sichern, zum Beispiel um zu erkennen, ob ein Brief wirklich von der Bank, die als Absender fungiert, verschickt wurde.

Mögliche Szenarien

Die Informatik-Professoren des «Zentrums für Digitales Vertrauen» überlegen sich derzeit unterschiedliche Szenarien, wie der Aufbau eines Vertrauensverhältnisses aus der physischen Welt in die digitale Welt übertragen werden kann.

Szenario 1: Eine Steuerberaterin will sichergehen, dass sie vertrauliche E-Mails tatsächlich mit ihrem Klienten austauscht. Beim ersten Treffen imitieren sie ein Händeschütteln mit den Handys. Dabei tauschen sie kryptografische Schlüssel für die zukünftige gemeinsame digitale Kommunikation aus. Sie benötigen dafür lediglich eine App.

Szenario 2: Eine Bank möchte ihre Kundinnen und Kunden vor Phishing-E-Mails schützen und verschickt deshalb E-Mails, die mit einem Zertifikat signiert sind. Die Kundinnen und Kunden vertrauen soweit wie möglich nur Zertifikaten aus der Schweiz, das Vertrauen basiert also auf einer geografischen Information.

Szenario 3: Ein Kunde will kontrollieren können, ob Briefpost tatsächlich von seiner Bank kommt. Bei einem Besuch in der Bankfiliale fotografiert er einen Code, durch den er einen kryptografischen Schlüssel der Bank erhält. Wenn er später einen Brief von der Bank erhält, benutzt er diesen Schlüssel, um den QR-Code auf dem Brief der Bank zu lesen und so die Echtheit des Briefs zu überprüfen.

Welches Vorgehen sich am besten eignet, um den Austausch digitaler Daten zu hundert Prozent sicher zu machen, wird sich in den nächsten Jahren zeigen.

Der Informatik-Professor Adrian Perrig leitet gemeinsam mit zwei Professorenkollegen (siehe Folgeseiten) das Forschungsprojekt «Digitales Vertrauen» an der ETH Zürich.

Vertrauensvolles Handyschütteln

Eine neue IT-Sicherheitsarchitektur für den Austausch sensibler digitaler Daten zu entwickeln, ist ein komplexes Vorhaben. Die Informatik-Professoren des «Zentrums für digitales Vertrauen» der ETH Zürich und der Universität Bonn denken, dass der beste Weg über die physische Welt führt: Von Angesicht zu Angesicht ist es immer absolut sicher, mit wem man kommuniziert. So sicher soll die Kommunikation auch im Internet werden, erklären Peter Müller und David Basin im folgenden Interview.

Informatik-Professor Peter Müller, ETH Zürich

Warum gelingen so viele kriminelle Angriffe im Internet?

Peter Müller: Betrüger betreiben oft einen grossen Aufwand, damit normale Benutzer den Betrug nicht erkennen.
David Basin: Wenn ein Angreifer ein Zertifikat fälscht, kann er den Server kontrollieren und dem Internet-Browser eine gefälschte Website als richtige vorgaukeln. Solche Angriffe können selbst Experten nicht erkennen.
Peter Müller: Wenn nur eine einzige Zertifizierungsstelle kompromittiert wird und böswillig oder aus Versehen falsche Zertifikate ausgibt, bricht das ganze Sicherheitsgefüge zusammen.

Was wollen Sie dagegen tun?

David Basin: Wir wollen neue Ansätze zur Authentifizierung entwickeln. Wir werden dafür Eigenschaften aus der physischen Welt in die digitale Welt übertragen und so die Echtheit digitaler Objekte gewährleisten.
Peter Müller: Wir möchten physische Gegebenheiten nutzen, die sich nicht leicht manipulieren lassen, wie zum Beispiel den Ort einer Bankfiliale. Solche physischen Gegebenheiten möchten wir nutzen, um das Vertrauen im digitalen Bereich auf eine solidere Basis zu stellen.

Worauf soll sich das Vertrauen denn stützen?

Peter Müller: Wer in eine Bank geht, um etwas einzuzahlen, will nicht den Arbeitsvertrag oder den Ausweis der Person hinter dem Schalter sehen. Das Gebäude und das Verhalten der anderen Menschen geben ihm genug Anlass, zu vertrauen. Genau diese Vertrauensbeziehungen aus der physischen Welt wollen wir ins Digitale übertragen. Vertrauensbeziehungen werden aber auch wieder aufgelöst. Auch für diese komplexen Fragen suchen wir nach sicheren digitalen Lösungen.

Wie könnten denn Vertrauensbeziehungen ins Digitale übertragen werden?

Peter Müller: Indem wir zum Beispiel die geografische Nähe nutzen: Wir könnten uns beispielsweise vorstellen, dass zwei Personen, die fortan wichtige digitale Daten austauschen wollen, statt sich die Hände zu schütteln, gemeinsam ihr Handy «schütteln». Die synchrone Bewegung der beiden Handys würde bewirken, dass ein gemeinsamer digitaler Schlüssel ausgetauscht würde. Durch die Tatsache, dass man sich am gleichen Ort befindet und dadurch sicher weiss, mit wem man das Handy «schüttelt», käme das Vertrauen zustande.
David Basin: Ein solcher Schlüssel reicht, um eine sichere Kommunikation aufzubauen. Nach dem gemeinsamen Handyschütteln weiss ich auch in Zukunft – wenn die andere Person nicht anwesend ist – mit Sicherheit, dass ich mit ihr kommuniziere. Umgekehrt lassen sich auch Dinge in der gegenständlichen Welt nach dem gleichen Prinzip authentifizieren. So kann eine Bank zum Beispiel einen Brief signieren, indem sie ihn mit einem Code versieht, ähnlich wie mit einem Siegel. Der Empfänger kann dann den Code mit einer App entschlüsseln und so die Identität des Absenders überprüfen.

Wäre dieser Schlüssel nicht digital hinterlegt und so auch wieder gefährdet?

Peter Müller: Wenn die IT-Systeme der Bank gehackt würden, liessen sich Informationen wie Schlüssel stehlen. Das ist aber eine viel grössere Hürde, als einfach einen Brief zu fälschen. Man könnte den Schlüssel allerdings auch

Informatik-Professor David Basin, ETH Zürich

offline, etwa auf einer Smartcard haben, dann würde es schwierig, ihn zu hacken.

Weshalb braucht es für diese neuen Sicherheitsmassnahmen ein so grosses Projekt?

David Basin: Es geht um nicht weniger, als die gesamte gängige «Public Key Infrastructure» neu zu erfinden – weil das ganze System, mit dem digitale Zertifikate ausgestellt, verteilt und geprüft werden, eben nicht sicher funktioniert. Um rechnergestützte Kommunikation wirklich sicher zu machen, ist sehr viel Arbeit notwendig.
Peter Müller: Zuerst müssen wir eine neue Infrastruktur entwickeln, bei der wir Vertrauensprinzipien technisch umsetzen. Wir brauchen Lösungen dafür, wie man die Schlüssel verwaltet oder wenn nötig zurückzieht. Dann müssen wir konkrete Anwendungen entwickeln wie die Sicherung des E-Mail-Verkehrs mit der Bank oder das Senden von Wahlunterlagen. Nach diesen zwei Arbeitspaketen geht es aber erst richtig los. In der Praxis funktionieren technische Systeme nicht immer. Im Wesentlichen ist technisches oder menschliches Versagen die Ursache dafür. Beides versuchen wir auszuschliessen. Technische Fehler können wir mithilfe mathematischer Beweisführungen weitestgehend verhindern, da diese mittlerweile gewährleisten können, dass die Techniken und ihre Umsetzung in Software tatsächlich die gewünschten Eigenschaften haben.

Und wie wollen Sie menschliches Versagen ausschliessen?

Peter Müller: Dafür haben wir unseren Partner Matthew Smith an der Universität Bonn. Er wird speziell die Sicherheit an der Schnittstelle zum Menschen untersuchen. Dazu bedient er sich der Methoden der Verhaltensforschung und führt zum Beispiel Experimente durch. Unter anderem hat er Programmierern in einem Experiment eine Aufgabe gestellt und sie bei der Lösungsfindung beobachtet – und so mögliche Einfallstore für Hacker aufgespürt. Aber nicht nur Software-Entwickler können ein System versehentlich oder absichtlich kompromittieren, menschliches Fehlverhalten finden wir auch bei System-Administratoren oder bei den End-Usern. Jegliches menschliches Fehlverhalten soll minimiert werden, indem das Verhalten von Programmierern, Administratoren und Anwendern bereits beim Entwurf der Sicherheitsarchitektur berücksichtigt wird.

Wollen Sie am Schluss das ganze etablierte System mit Zertifikaten und Authentifizierungsbehörden ersetzen?

David Basin: Wir wollen bessere Alternativen anbieten und auch Prototypen für die kommerzielle Nutzung durch Technologiefirmen entwickeln. Ob die Welt diese am Ende als Ersatz verwenden will, werden wir sehen. Zunächst wollen wir mit fortschrittlichen Prototypen zeigen, dass man die digitale Welt sicherer machen kann. Grundsätzlich aber sollen die beiden Systeme koexistieren können.

Die Probleme existieren schon lange. Warum können Sie diese erst jetzt lösen?

Peter Müller: Es gibt fünf zentrale Informatikthemen in dem Projekt, an denen seit den 1970er-Jahren gearbeitet wird und die erst jetzt so weit fortgeschritten sind – unter anderem dank unserer eigenen Forschung –, dass man das Authentizitäts-Problem lösen kann. Vor fünf Jahren war das noch nicht möglich.

Zahlen und Fakten

Projekt

Die Informatiker des «Zentrums für digitales Vertrauen» der ETH Zürich und der Universität Bonn entwickeln eine fundamental neue Sicherheitsarchitektur für das Internet. Vertrauensbeziehungen aus der physischen Welt werden dabei auf die digitale Welt übertragen und sichern so die Identität von Kommunikationspartnern ab.

Unterstützung

Die Werner Siemens-Stiftung unterstützt den Aufbau des «Zentrums für Digitales Vertrauen» und finanziert rund 15 Angestellte in den Bereichen Doktorat, Postdoktorat und Software-Entwicklung.

Mittel der Werner Siemens-Stiftung

9,83 Mio. Schweizer Franken

Projektdauer

2019–2027

Projektleitung

Prof. Dr. David Basin,
Department of Computer Science,
Informationssicherheit, ETH Zürich
Prof. Dr. Peter Müller,
Department of Computer Science,
Programmiermethodik, ETH Zürich
Prof. Dr. Adrian Perrig,
Department of Computer Science,
System- und Netzwerksicherheit,
ETH Zürich

Akademischer Partner

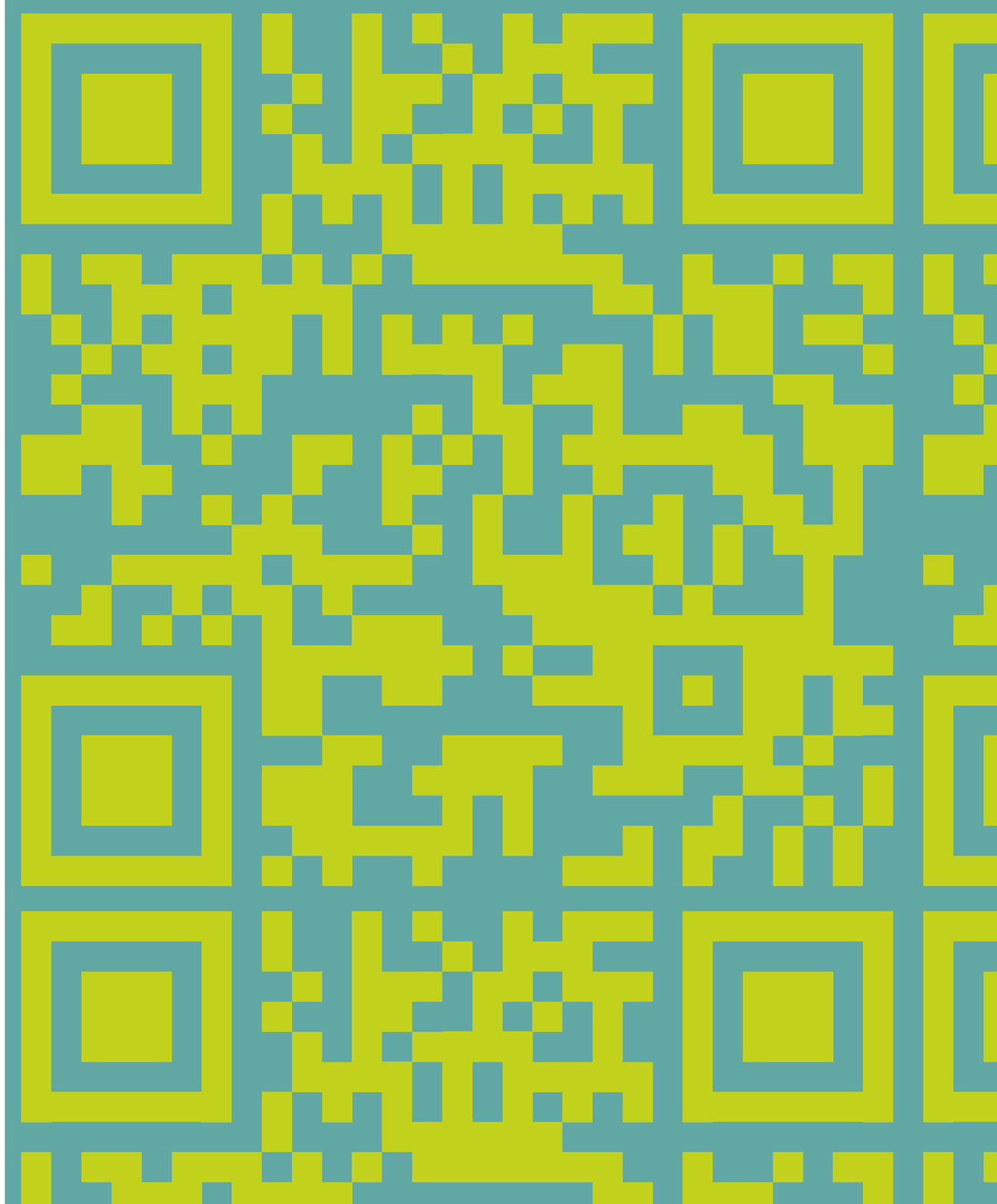
Prof. Dr. Matthew Smith,
Institute of Computer Science,
Usable Security and Privacy,
Universität Bonn

Der heutige Mobilfunkstandard 4G soll auf 5G erhöht werden, damit noch mehr Daten noch schneller übermittelt werden können – doch sicherer wird die Datenübertragung dadurch nicht.

vertrauenswürdig
notwendig
sicher

Innovation

Die Werner Siemens-Stiftung unterstützt das «Zentrum für Digitales Vertrauen», weil es immer wichtiger wird, dass die Internet-User darauf vertrauen können, dass die Datenübermittlung sicher ist.



Grünes Carbon

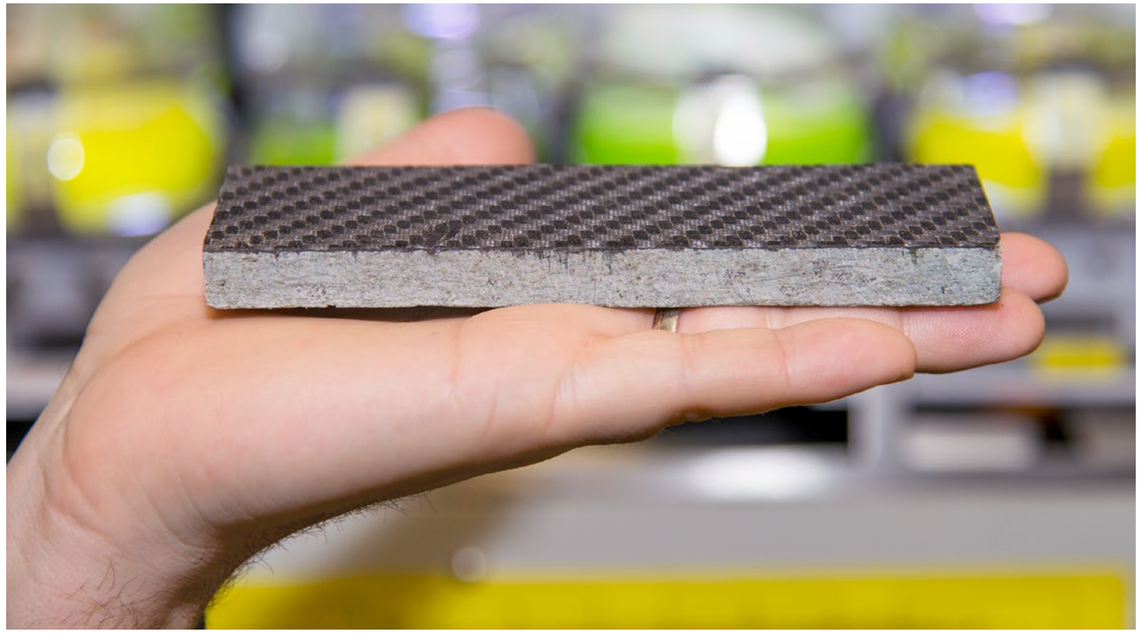
Update Synthetische Biotechnologie

Auch 2019 war ein erfolgreiches Jahr für die Synthetische Biotechnologie an der Technischen Universität München. Werner Siemens-Stiftungsprofessor Thomas Brück und sein Team konnten mit ihrem Bio-Insektenspray, der Schädlinge vertreibt, statt zu töten, bedeutende Partner aus Industrie und Forschung überzeugen. Einen weiteren Coup landeten sie mit «Green Carbon», einem CO_2-neutralen Verfahren zur Herstellung von Carbonfasern.

Der innovative Bio-Insektenspray, den Werner Siemens-Stiftungsprofessor Thomas Brück und sein Team im Jahr 2018 entwickelt hatten, kam zur richtigen Zeit. Die EU hatte kurz zuvor die damals gängigen Insektizide aus der Gruppe der Neonicotinoide verboten, da sie nicht nur Schädlinge, sondern auch Nützlinge wie Bienen oder Schmetterlinge vernichteten. Der Bio-Insektenspray des Teams um Thomas Brück hingegen tötet Insekten nicht, sondern vertreibt sie für eine gewisse Zeit durch den Duftstoff Cembratrienol.

Optimierung des Insektensprays

2019 konnte Thomas Brück das Institut für Zuckerrübenforschung in Göttingen und das deutsche Agrounternehmen Südzucker für erste Tests des Bio-Insektensprays gewinnen. Die Tests bestätigten, dass der Duftstoff Cembratrienol Blattläuse, Weisse Fliegen und Fruchtfliegen vertreibt. In der Folge akquirierte Thomas Brück mit den beiden Partnern ein grosses Folgeprojekt mit dem Namen «Oleo Build»: Es sieht vor, die Produktion von Cembratrienol auf die ölbildende Hefe



Carbon ist fest und leicht und deshalb ein beliebtes Baumaterial; seine Herstellung jedoch heizt den Klimawandel an. Die Lösung präsentiert das Team der Synthetischen Biotechnologie: «Grünes» Carbon, dessen Herstellung der Atmosphäre mehr CO_2 entzieht, als sie freisetzt.

Rhodotorula sp. zu übertragen. Das hätte den Vorteil, dass der Ertrag steigen würde und der Duftstoff am Schluss als fertig formuliertes Produkt für eine direkte Anwendung in der Landwirtschaft vorläge. Ende 2019 sollte das nötige Geld zusammen sein.

Eine Hefe als idealer «Host»

Bereits haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler den biochemischen Vorgang analysiert, wie Cembratrienol von Tabakpflanzen hergestellt wird. Sie konnten die Gene, die dafür zuständig sind, bestimmen und gentechnisch verändern. So brauchen sie mittlerweile keine Tabakpflanzen mehr einzuführen, um Cembratrienol zu produzieren. Alles geschieht in den Labors der Synthetischen Biotechnologie an der Technischen Universität München (TUM). Durch chemische Modifikationen soll der Wirkstoff noch weiter intensiviert werden, bis er etwa doppelt so stark riecht wie von Natur aus.

Warten auf die EU-Zulassung

Als nächstes folgt die Zertifizierung des Bio-Insektensprays durch die regulatorischen Behörden der Europäischen Union. Diese führen Tests zu Giftigkeit, Stabilität, Abbau, Lagerfähigkeit und anderen Aspekten neuer Agrochemikalien durch. Drei bis fünf Jahre nimmt dieser Prozess in Anspruch. «Mit Zulassungsverfahren haben wir kaum Erfahrung», sagt der Wissenschaftler, «glücklicherweise können wir nun auf das Know-how von Südzucker zurückgreifen, einem der grössten Zuckerproduzenten Europas.»

Bei der Entwicklung neuer Produkte ist es auch aus finanziellen Gründen wichtig, grosse Industriepartner an der Seite zu haben. Das Zulassungsverfahren kostet Hunderttausende von Euros. Doch die Investition lohnt sich, da später der gesamte europäische Markt mit dem neuartigen Pflanzenschutzmittel bedient werden kann.

Kraftstoff aus Algen

Das Team um Thomas Brück konnte 2019 auch bei den ölproduzierenden Algen einen grossen Fortschritt erzielen. Es entwickelte ein Verfahren, das die kontinuierliche Produktion von Kraftstoff aus Algen möglich macht. Das freut den Kooperationspartner Airbus, der an erdölunabhängigem Kraftstoff für Flugzeuge interessiert ist.

Ausserdem haben die Forschenden der Synthetischen Biotechnologie ihre Aufmerksamkeit einem «Nebenprodukt» der Algenölproduktion geschenkt: dem Glyzerin. Wenn Algen Fettsäure produzieren, fällt immer auch recht viel Glyzerin an – das Potenzial dieses natürlichen «Nebenprodukts» haben die Forschenden erkannt. Sie entwickelten ein chemisches Verfahren, mit dem Carbonfasern über die Photosynthese der Algen aus CO_2 hergestellt werden können. Das Ausgangsmaterial ist Algenöl. Es wird mit Hilfe von Enzymen in freie Fettsäuren und Glycerin aufgespalten. Das Glycerin wird danach chemisch in Polyacrylnitril umgeformt, was das gängige Ausgangsprodukt aller kommerziell erhältlichen Carbonfasern ist.

Das neue Verfahren ist zu hundert Prozent emissionsfrei und entzieht der Atmosphäre mehr CO_2, als es freisetzt. Wie ist das möglich? Die Ausgangsorganismen sind schnell wachsende Mikroalgen; diese speichern CO_2 in

Form von Biomasse und binden es unter anderem in Form von Zucker und Algenöl.

CO_2-neutrale Carbonfasern

Erfinder Thomas Brück ist begeistert: «Wir können die Carbonfaserherstellung mit unserem Verfahren revolutionieren. Bislang haben Carbonfasern einen schlechten ökologischen Fussabdruck, weil sie energieintensiv und unökologisch aus Petroleumvorstufen hergestellt werden. Wegen des Klimawandels ist es nötig, rasch auf ein CO_2-neutrales und ökonomisches Verfahren umzustellen.»

Das entwickelte Verfahren zur Herstellung algenbasierter Carbonfasern wurde von einem Forscherteam um Thomas Brück unter technologischen und ökonomischen Gesichtspunkten bewertet. Es zeigte sich klar, dass dieses Verfahren auch industriell umsetzbar ist. Die publizierten Ergebnisse wurden umgehend vom Weltklimareport aufgegriffen und im Kapitel «Substitution und Zirkularität» als eine «systemrelevante CO_2-Senke zur globalen Eingrenzung des Klimawandels» zitiert. Für seine Innovation erhielt Thomas Brück ausserdem Ende 2018 den e-ward des European Business Council for Sustainable Energy, einer NGO, die sich für die Umsetzung klimafreundlicher Produktionsprozesse einsetzt.

Grossprojekt «Green Carbon»

Im Juli 2019 konnte Werner Siemens-Stiftungsprofessor Thomas Brück ein Grossprojekt zu seiner neuartigen Carbon-Produktionsweise aufgleisen. Es heisst «Green Carbon», wird mit 8,9 Millionen Euro gefördert und umfasst fünf Lehrstühle der TUM: Materialwissenschaften, Technische Chemie, Maschinenwesen, Bioverfahrenstechnik und die Synthetische Biotechnologie. Die Industriepartner von «Green Carbon» sind Daimler Benz, Airbus und SGL Carbon, der grösste europäische Carbonfaserhersteller. «Wir haben das Projekt sozusagen erfunden und koordinieren es», sagt Brück stolz.

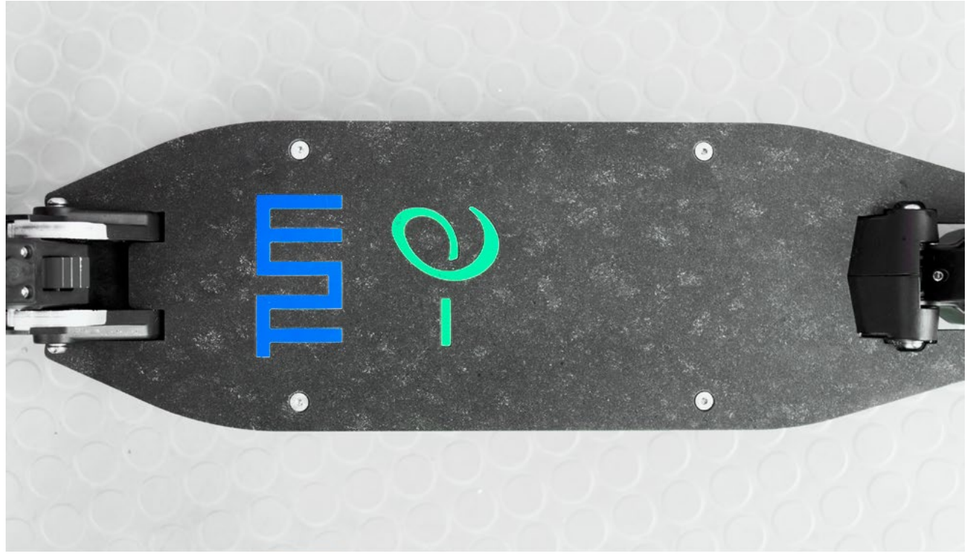
Fest, leicht, biegsam

Auch ein mittelständisches Unternehmen spielt beim Grossprojekt «Green Carbon» eine wichtige Rolle: die Firma TechnoCarbonTechnologies des Diplom-Ingenieurs Kolja Kuse, der als Erster Carbonfasern mit Naturstein verband und daraus CO_2-negative Bauelemente geschaffen hat. Und solche braucht die Bauindustrie in Zeiten der Klimaerwärmung dringend, verbaut sie doch Gigatonnen von Materialien wie Zement oder Stahl, die das Klima mit CO_2 belasten.

«Wir haben mit unserer Carbonfaser aus dem Glyzerin der Algen die Möglichkeit, einen relevanten Beitrag gegen den Klimawandel zu leisten», erklärt Thomas Brück, «indem wir Beton durch Carbon-Stein-Komposite ersetzen.»

Als Stein eignet sich vor allem Granit, da er weltweit vorkommt, in Verbindung mit Carbonfasern leicht wie Aluminium ist und sich sogar biegen lässt. Statt dass Bauträger wie bisher aus Stahl und Wände aus Zement gebildet werden, könnten sie in Zukunft aus festem, leichtem und biegsamem Carbon-Granit bestehen. «Grünes» Carbon wäre auch für die Herstellung von E-Bikes, Elektroautos und Flugzeugen eine interessante Alternative.

eScooter aus «grünem» Carbon. Es wird nicht das einzige Produkt aus algenbasierten Carbonfasern bleiben. Die EU hat Millionen von Euro für die Weiterentwicklung des innovativen Verfahrens zugesagt, und hochrangige Industriepartner interessieren sich dafür.



Dem Erfindergeist scheinen keine Grenzen gesetzt: Die Forschenden der Synthetischen Biotechnologie haben 2019 auch leckere Algenkekse mit hohem Eiweissgehalt «erfunden».

Endlager in Braunkohlewerken

Auch zur Entsorgung des neuen Werkstoffs hat sich Thomas Brück bereits Gedanken gemacht: Carbon ist nach dem Diamanten die stabilste Form von Kohlenstoff und setzt weder toxische Substanzen frei, noch gast es CO_2 aus. Deshalb könnte verbrauchter Carbon-Granit in renaturierten Braunkohle-Tagewerken endgelagert werden, und mit ihm der darin enthaltende Kohlenstoff. «Wir streben umgekehrtes Geo-Engineering an», fasst Brück zusammen. «Es gibt uns die Möglichkeit, CO_2-Emissionen ökonomisch nutzbar zu machen und endzulagern – eine revolutionäre Vorstellung!»

Leckere Algenkekse

Etwas kleinere, jedoch nicht minder originelle Brötchen backen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler um Thomas Brück mit der neusten Produktentwicklung aus der Alge *Dunaliella sp.*, die von allen Algen am meisten Folsäure produziert. Diese Fähigkeit von *Dunaliella sp.* inspirierte die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler um Thomas Brück zu einem Algenkeks. Das innovative Gebäck weist nicht nur mehr Folat als herkömmliche Kekse auf, sondern enthält auch dreissig Prozent mehr Proteine. Deshalb schmeckt es gut, auch mit halb so viel Zucker wie in vergleichbaren Backwaren. Das Team tischte den Algenkeks dem Bayerischen Müllerbund auf, der sich von der Innovation angetan zeigte. Kein Wunder! Der Algenkeks ist vegan und liegt damit voll im Trend.

Es lohnt sich

Zertifizierungen kosten zwar Zeit und Geld, und nicht immer kommen alle Anträge der Synthetischen Biotechnologie auf Anhieb durch – so wie der Projektantrag an die EU zur Herstellung des Krebsmittels Taxol, der 2019 ganz knapp abgelehnt wurde. Trotzdem ist Thomas Brück überzeugt, dass die Werner Siemens-Stiftung zu Recht in die junge Disziplin investiert: «Die eingesetzten Mittel für den neuen Lehrstuhl Synthetische Biotechnologie und für die Mitarbeitenden haben sich in den letzten zwei Jahren wertmässig mehr als verzehnfacht. Heute sind wir wegweisend in der Entwicklung nachhaltiger Technologien. Mit deren Hilfe können wir CO_2 und Restbiomasse in wertheltige Prozesse und Produkte umwandeln – für die Nahrungsmittel- und Kosmetikindustrie sowie für die chemische und pharmazeutische Industrie. Die globale Bedeutung unserer Forschung ist mit der Zitierung im Weltklimabericht klar zum Ausdruck gebracht worden. Wir danken der Werner Siemens-Stiftung, die uns die Freiheit gegeben hat, innovative Ideen in reale Prozesse und Produkte umzusetzen, die einen Mehrwert für die Gesellschaft haben – frei nach unserem neuen Leitspruch ‹Bringing Synthetic Biotechnology to Life›.»

Mittel der Werner Siemens-Stiftung

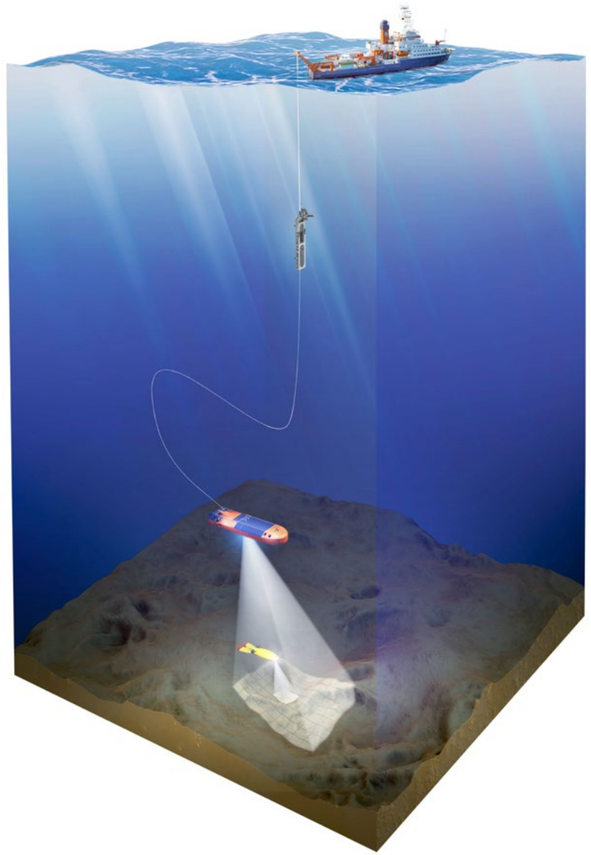
11,5 Mio. Euro

Projektleitung

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

Projektdauer

2016–2021



Werner Siemens-Stiftungsprofessor Ralf Bachmayer und seine Gruppe haben ein Konzept entwickelt, wie man die Tiefsee kartieren kann, ohne ihr zu schaden: Ein «Mutter-U-Boot» (orange) lotst ein agiles Klein-U-Boot (gelb) in die Tiefe, wo es sanft wie eine Tiefseemeduse dahingleitet und hochaufgelöste Aufnahmen des Meeresbodens macht.

Sanftes Kartieren

Update zum Innovationszentrum für Tiefsee-Umweltüberwachung – Schutz der Tiefsee

Wie kann man das sensible Tiefsee-Ökosystem schützen, wenn dereinst die Rohstoffe am Meeresboden abgebaut werden? Ein schwieriges Unterfangen. Das Innovationszentrum für Tiefsee-Umweltüberwachung, das die Werner Siemens-Stiftung für zehn Jahre am MARUM in Bremen finanziert, hat sich der Herausforderung angenommen.

Die einzigartigen Tiefsee-Ökosysteme sind in Gefahr: Der Meeresboden birgt grosse Mengen wertvoller Rohstoffe wie Kupfer, Seltene Erden, Gold und Silber; diese Schätze würden zahlreiche Länder und Konzerne gerne heben. Nautilus Minerals Inc. kündigte als erstes Unternehmen an, es werde 2019 mit dem Tiefseebergbau beginnen. Zum Glück für die Tiefsee musste Nautilus Minerals den geplanten Abbau in der Bismarcksee bei Papua-Neuguinea jedoch verschieben.

Die Tiefsee kennenlernen

Der Aufschub gibt dem Innovationszentrum für Tiefsee-Umweltüberwachung Zeit, seine Technologieentwicklungen zur Umweltbeobachtung voranzutreiben. Denn noch ist das Innovationszentrum nicht so weit (und auch sonst keine andere Umweltschutzorganisation), dass es die Tiefsee grossflächig überwachen, geschweige denn schützen könnte. Das liegt daran, dass die Tiefsee zu 90 Prozent unbekanntes Gelände ist und man als Erstes herausfinden muss, was genau es dort zu schützen gibt. Was man aber sicher weiss: In der Tiefsee, das heisst: in 200 bis 11 000 Metern Tiefe, kann sich das Leben nach einem Abbau fast nicht oder nur extrem langsam erholen. Tiefseebergbau hätte gravierende Auswirkungen auf das Ökosystem Ozean.

Anspruchsvolles Kartieren

Um einen Schutzplan für die Tiefsee zu entwerfen, muss das Team um Werner Siemens-Stiftungsprofessor Ralf Bachmayer deshalb als Erstes einen Weg finden, um hochdetaillierte Karten zu erstellen. Das ist wie das meiste in der Tiefsee sehr anspruchsvoll. Eigentlich alles, was ein Kartieren erst möglich macht, ist in der Tiefsee ein grosses Problem: die Energiezufuhr, die Datenübertragung und vor allem das Steuern der Kamera über dem Meeresboden, der extrem empfindlich auf Wasserturbulenzen reagiert. Die unterste Schicht zwischen Wassersäule und Meeresboden ist nur teilweise felsig, meist besteht sie ähnlich wie in einem Moor aus sich auflösenden, schwebenden Partikeln, die durch die geringste Bewegung aufgewühlt werden – was das Ökosystem in der Tiefe empfindlich stört.

Im Tandem sanfter

Ralf Bachmayer und sein Team haben daher ein Konzept entwickelt, das dieses Problem mithilfe von zwei miteinander kommunizierenden Unterwasserfahrzeugen löst: Ein «Mutter-U-Boot» (zum Beispiel das bereits entwickelte Hybrid-Unterwasserfahrzeug H-ROV, das sowohl ferngesteuert als auch autonom betrieben werden kann) beleuchtet aus gebührender Distanz den Meeresboden und macht davon grobe Übersichtsaufnahmen. Gleichzeitig steuert das Mutter-U-Boot ein kleines, agiles Gefährt in Bodennähe. Das kleine Gefährt macht vom Meeresboden hochaufgelöste Nahaufnahmen, die es an das Mutter-U-Boot sendet.

Das kleine bodennahe Gefährt ist ein minimal invasives «autonomes Unterwasserfahrzeug» (AUV). Minimal invasiv bedeutet, dass sich das AUV äusserst behutsam und langsam über dem Meeresboden bewegt, damit die unterste Meeresschicht nicht aufgewühlt und das Wasser nicht getrübt wird. Autonom bedeutet, dass man dem AUV zwar eine Strecke und eine Distanz zum Meeresboden, der kartiert werden soll, vorgeben kann, es aber autonom auf plötzlich im Dunkel auftauchende Felsbrocken oder Berge reagiert und diesen teilintelligent ausweicht. Teilintelligent bedeutet, dass das AUV zwar selbst entscheidet, wie es auf Hindernisse reagiert, dabei aber vom Mutter-U-Boot überwacht wird.

Datenübermittlung

Die hochaufgelösten Aufnahmen des Meeresbodens wird das AUV voraussichtlich mit einem optischen Modem über das Mutter-U-Boot an die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler senden. Das Modem wurde im September 2019 im Mittelmeer vor Nizza getestet. Der Test verlief positiv: Das optische Modem ist effizienter und kann mehr Daten übermitteln als sein akustisches Pendant, das üblicherweise unter Wasser zur Datenübermittlung eingesetzt wird. Zwei weitere Tests, mit höheren Reichweiten und in grösseren Tiefen, sind für das Jahr 2020 geplant. Die ersten Hürden auf dem Weg zum Ziel – dem Schutz der Tiefsee – haben Ralf Bachmayer und sein Team also bereits genommen.

Mittel der Werner Siemens-Stiftung
4,975 Mio. Euro

Projektleitung
Prof. Dr. Michael Schulz, Direktor MARUM – Zentrum für Marine Umweltwissenschaften der Universität Bremen

Projektdauer
2018–2028

Erfolgreich im Einsatz

Die umweltfreundlichste Forschungsjacht der Welt, die «Eugen Seibold», deren Bau die Werner Siemens-Stiftung finanziert hat, ist seit dem Frühsommer 2019 auf hoher See im Einsatz. Als erstes beprobten die Meeresforscherinnen und -forscher den Atlantik im Madeira-Becken nördlich von Lanzarote. Danach werden sie verschiedene Regionen des tropischen bis polaren Nordatlantiks vom Äquator bis Spitzbergen untersuchen. So sollen nach und nach die sogenannten Provinzen der Weltmeere erforscht und charakterisiert werden. Anhand der gewonnenen Daten werden die Forschenden der Klimageochemie am Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz den Zustand der Weltmeere heute detailliert beschreiben und sogar vergangene klimatische Verhältnisse rekonstruieren können. – Impressionen der ersten Forschungsreise der «Eugen Seibold».

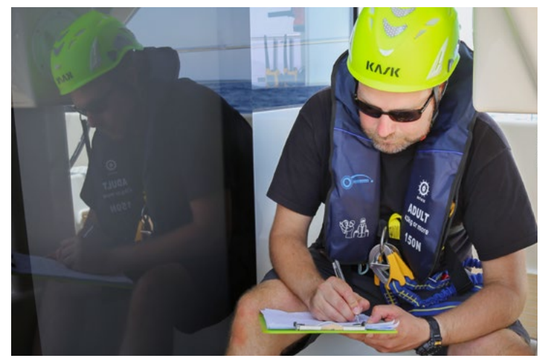
Die erste Forschungsreise der «Eugen Seibold» findet 2019 statt. Eine Vierer-Crew steuert die Forschungsjacht von Lanzarote aus ins Madeira-Becken, um dort den Atlantik umfassend zu beproben. Mit an Bord sind der Projektleiter Ralf Schiebel und das Forschungsteam Hedy Aardema, Maria Calleja und Hans Slagter. Initiator der ökologischsten Forschungsjacht der Welt ist Gerald Haug, Direktor der Abteilung Klimageochemie am Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz und Professor an der ETH Zürich.

Mit der sogenannten Wasserschöpfer-Rosette entnimmt das Forschungsteam Wasserproben aus verschiedenen Tiefen. Weil die «Eugen Seibold» unter Segeln fährt und ihr Rumpf aus glasfaserverstärktem Kunststoff besteht, verunreinigt sie das Meerwasser nicht, das sie untersucht – im Gegensatz zu den herkömmlichen, motorisierten Forschungsschiffen aus Metall.

Um Planktonproben zu nehmen, lassen die Meeresforscherinnen und -forscher das Multischliessnetz ins Wasser. Mit den feinen Netzen können die kleinsten Lebewesen, die sich im Meerwasser treiben lassen (das sogenannte Mikroplankton), gesammelt und analysiert werden.

Das Multischliessnetz kommt zurück an Bord. Die Netzbeutel werden computergesteuert geöffnet und geschlossen.

Die Wasserproben können gleich auf der «Eugen Seibold» von der Meeresbiologin Hedy Aardema im Nasslabor analysiert werden. Die Instrumentierung und die Forschungsarbeiten finanziert die Max-Planck-Gesellschaft.



Der Meeres-Chemiker Hans Slagter protokolliert die Probenahmen. Nach und nach wird man die einzelnen Puzzlesteine zu einem Gesamtbild zusammenfügen und nach ein paar Jahren konkrete Aussagen zur Klimageochemie der Weltmeere machen können.

Mittel der Werner Siemens-Stiftung

3,5 Mio. Euro für den Bau der «Eugen Seibold»

Projektleitung

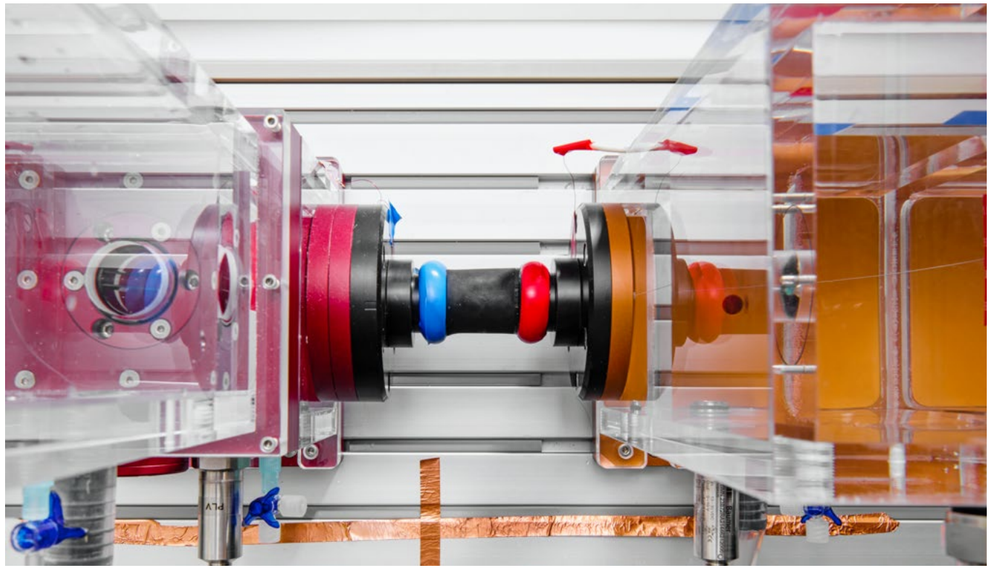
Prof. Dr. Gerald Haug, Direktor der Abteilung Klimageochemie am Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz, Deutschland, und Professor an der ETH Zürich, Schweiz

Projektdauer

2015–2018

Power für das Herz

Update zum Zentrum für künstliche Muskeln (CAM)



Die Forschenden des Zentrums für künstliche Muskeln haben eine Versuchsanordnung entwickelt, die den Blutfluss in den Herzkammern (links und rechts) simuliert, wenn die Pumpleistung von einem künstlichen Muskel (schwarze Membran in der Mitte) unterstützt wird.

Das Zentrum für künstliche Muskeln in Neuenburg entwickelt einen Ring, der um die Aorta gelegt wird und bei Herzschwäche helfen soll, wieder genügend Blut in den Körper zu pumpen. Auf dem Weg zu dieser Weltneuheit konnten wichtige Fragen geklärt werden: zur benötigten Pumpleistung, zum Material und zur Stromversorgung der künstlichen Muskeln.

Das Team um Mikroingenieur Yves Perriard vom Zentrum für künstliche Muskeln (CAM) in Neuenburg hat sich Grosses vorgenommen. Die Forschenden entwickeln eine Membran, die bei Patientinnen und Patienten mit Herzschwäche als künstlicher Ringmuskel um die Aorta gelegt wird, um das Herz zu entlasten. Die grösste Herausforderung besteht darin, die nötige Pumpleistung zu erzeugen, denn das Herz ist ein starker Muskel. Genau dies ist aber auch ein grosser Vorteil – wie sich nach zwei Jahren Forschung herausgestellt hat. Denn zu Beginn gingen die zehn Forschenden davon aus, dass eine zusätzliche Feder aus Titan um die Membran nötig sein würde, um genügend Druck auf die Hauptschlagader (Aorta) zu erzeugen. Eine entsprechende Feder liessen sie 2019 patentieren. Doch dann konnten die Forschenden in neuen Berechnungen zeigen, dass das Herz auch bei Patientinnen und Patienten mit Herzschwäche noch so viel Druck auf den Ring ausübt, dass eine zusätzliche Feder gar nicht nötig ist. Das sind gute Nachrichten für Menschen mit Herzschwäche – und für den Herzchirurgen Thierry Carrel, der den künstlichen Muskel um die Aorta klinisch testen wird.

Das optimale Material

Fortschritte gibt es auch bei der Suche nach dem richtigen Material für die Membran zu vermelden. Klar ist, dass elektroaktive Polymere, die durch das Anlegen einer elektrischen Spannung ihre Form ändern, am besten geeignet sind. Jetzt suchen die Forschenden nach der optimalen chemischen Zusammensetzung und Dicke des Polymers. Sie haben eine vierlagige Membran entwickelt, die derzeit in einer neu entworfenen Versuchsanlage getestet wird. Darin kann unter anderem geprüft werden, wie elastisch ein Polymer ist und wie viel Druck es aushält. Auf der Suche nach dem optimalen Material hat sich Yves Perriard 2019 zusätzliches Know-how ins Boot geholt, in Form einer Kooperation mit der Universität Cergy-Pontoise in Frankreich.

Ein einzelner Ring reicht

Ein zentraler Aspekt des Projekts ist die Stromversorgung der als Ringmuskel fungierenden Membran. Dazu hat Perriards Team im Laufe des Jahres 2019 einen Bauplan der elektronischen Komponenten entworfen. Ausserdem haben die Forschenden eine neuartige Versuchsanlage zur Simulation des Blutflusses im Körper entwickelt (Bild oben). Die Tests und Simulationen konnten eine weitere wichtige Frage klären: Für die nötige Pumpleistung sind nicht mehrere Ringe um die Aorta nötig, ein einzelner Ring (und damit eine einzelne Membran) genügt. Auch dies sind gute Nachrichten für die Patientinnen und Patienten, denn die Operation wird weniger aufwändig sein, wenn nur ein Ring um die Aorta gelegt werden muss.

Ein künstlicher Muskel zur Unterstützung des Herzens – das wäre eine Weltneuheit. Die Ambition der Neuenburger Forschenden geht aber noch weiter: Die Membran soll nicht nur bei Herzschwäche helfen, sondern auch als künstlicher Schliessmuskel bei Blasenschwäche eingesetzt werden sowie nach einem Unfall oder einer Brandverletzung den Betroffenen die Kaufunktion und die Mimik zurückgeben.

Mittel der Werner Siemens-Stiftung

12 Mio. Schweizer Franken

Projektleitung

Prof. Dr. Yves Perriard, Direktor des Zentrums für künstliche Muskeln und des Integrated Actuators Laboratory (LAI), ETH Lausanne

Projektdauer

2018–2029

Erfolgreiche Knochenarbeit

Update MIRACLE – minimalinvasive Knochenoperationen mit Laser

Möglichst schonend, minimalinvasiv und hochpräzis – so sollen Knochenoperationen in Zukunft sein. Die rund 50 Forschenden des MIRACLE-Projekts an der Universität Basel kommen diesem Ziel näher. Ihr Laser-Roboter schneidet fünfmal feiner als eine konventionelle Knochensäge, und die eigens entwickelte 3-D-Software SpectoVR ist ein Erfolg. 2019 drehte sich alles um die Miniaturisierung und Integration der verschiedenen Komponenten.

Der 3-D-Steuerungssensor ist mittlerweile nur noch 1,5 mm gross (die drei schwarzen Quadrate ganz oben im Bild).

Das Durchtrennen von Knochen mithilfe einer Knochensäge ist für Patientinnen und Patienten eine unschöne Vorstellung. Nun könnten Knochensägen in ein paar Jahren ausgedient haben: Seit 2014 sind Forschende am «Department of Biomedical Engineering» der Universität Basel im «Switzerland Innovation Park Basel Area» in Allschwil damit beschäftigt, einen Operationsroboter mit einem Laser-Skalpell für hochpräzise Knochenoperationen zu entwickeln. Philippe Cattin, Professor für Medizinische Bildanalyse, und Professor Hans-Florian Zeilhofer, Leiter der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie am Universitätsspital Basel, leiten das Projekt MIRACLE. Das Hauptziel von MIRACLE ist es, Knochen minimalinvasiv mit Laserlicht zu operieren. MIRACLE steht denn auch für «Minimally Invasive Robot-Assisted Computer-guided Laser OsteotomE»; ein Osteotom ist ein chirurgisches Gerät zum Trennen von Knochen.

Ingenieurskunst in der Medizin

Für MIRACLE arbeiten Expertinnen und Experten aus den Bereichen medizinische Robotik, Lasertechnologie, Planung, Navigation und intelligente Implantate zusammen. Das interdisziplinäre Team hat in permanenter Absprache mit Medizinerinnen und Medizinern des Universitätsspitals Basel sowie des Kinderspitals beider Basel verschiedene Prototypen und innovative Software-Lösungen entwickelt. «Unsere rund 50 Forschenden versuchen, mit Ingenieurskunst den Medizinern beizustehen», sagt Philippe Cattin.

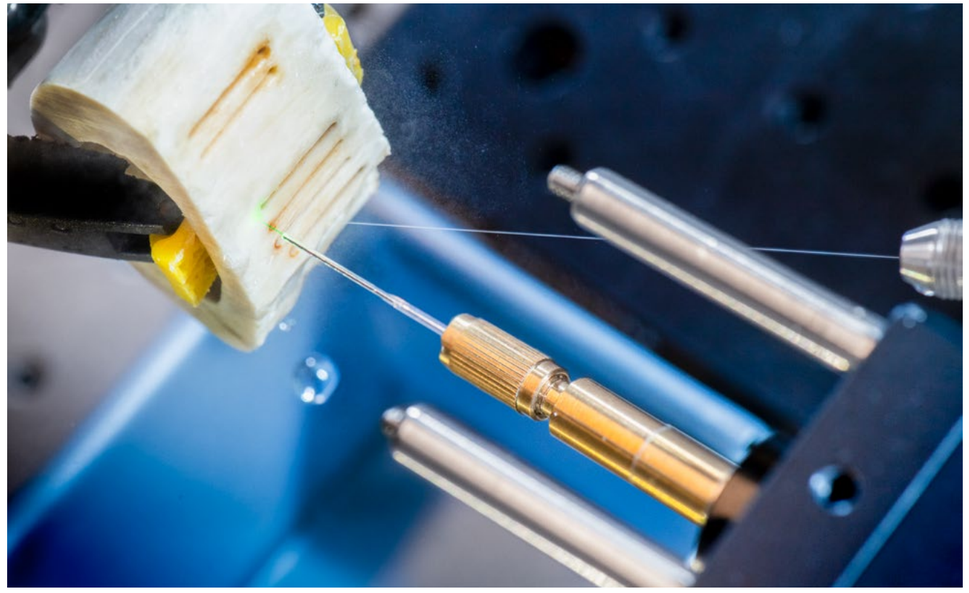
Der bereits entwickelte Laser-Roboter GG1, der das koordinierte Zusammenspiel von Lasertechnologie, Robotik sowie Planungssoftware erlaubt, erzielt eine Schnittbreite von 0,5 Millimetern. Seine Laserschnitte sind damit bis zu fünfmal feiner als die Schnitte einer konventionellen Knochensäge. Dank sauberen, feineren Schnitten wächst der operierte Knochen rascher wieder zusammen.

Klein muss es sein

Im Jahr 2019 stand bei MIRACLE alles im Zeichen der Miniaturisierung und Integration. Philippe Cattin: «Es gilt, die Laser-Endoskop-Komponenten möglichst klein zu bauen, damit sie in die vom Roboter gesteuerte Endoskop-Spitze passen.» Mithilfe des Endoskops kann eine Chirurgin oder ein Chirurg das «Laser-Skalpell» im menschlichen Körper präzise führen. Um wiederholbare, hochpräzise Schnitte auch bei minimalinvasiven Eingriffen zu erzielen, entwickelte das Robotik-Team von MIRACLE-Professor Georg Rauter eine Miniaturversion einer Parallelroboter-Endoskop-Spitze, die momentan weiter optimiert wird.

Intelligenter Laser

Die Gruppe «Medizinische Laserphysik und Optik» von Professor Azhar Zam arbeitet derweil an einem intelligenten Laser, der Gewebe im Körper automatisch erkennt. Er soll in Zukunft auch Tumorgewebe identifizieren können. Das Team von Professor Hans-Florian Zeilhofer setzt sich intensiv mit der Weiterentwicklung von minimalinvasiven Implantat- und Gerätetechnologien auseinander. So konnten bereits mehr als 120 Implantate im Rahmen neurochirurgischer Operationen bei Patienten eingesetzt werden. Erste minimalinvasive Implantate sind bereits in Zusammenarbeit mit grossen Kliniken in der Schweiz und in Deutschland in Planung.



Damit die Hitze des Laser-Skalpells bei einer Operation nicht den Knochen verbrennt, haben die Forschenden zwecks Kühlung einen extrem kleinen «Wasserwerfer» (ganz rechts am Bildrand) entwickelt.

Die 3-D-Software SpectoVR wird am Universitätsspital Basel bereits in der Patientenberatung vor komplexen Operationen eingesetzt. Der virtuelle Blick in die erkrankte Stelle im Körper hilft auch Laien zu verstehen, weshalb eine Operation nötig ist.

Smarte Implantate

PD Dr. Stefan Stübinger, Co-Leiter der MIRACLE-Gruppe «Smart Implants», hat mit Kollegen zusammen im April 2019 mit «BioInitials» ein weiteres MIRACLE-Spin-off gegründet. BioInitials entwickelt miniaturisierte biochemische Sensoren, mit denen eine Zahnwurzelhautentzündung überwacht werden kann und Biomarker im Speichel ausgewertet werden können. Die Sensoren von BioInitials werden auch dem MIRACLE-Projekt zugutekommen, zum Beispiel bei Operationen im Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich.

Für die optimale Operationsplanung dient den MIRACLE-Forschenden die selbst entwickelte Virtual-Reality-Software SpectoVR. Damit lassen sich computertomografische Körperdaten als 3-D-Bilder darstellen und durch eine mobile Hightech-Brille betrachten. Gemäss Professor Cattin gibt es am Universitätsspital Basel bereits acht mit dem Spital-Informationssystem verbundene SpectoVR-Stationen. Die Visualisierungs-Software kommt nun auch während Patientenbesprechungen zum Einsatz. Eine Studie des «Moorfields Eye Hospital» in London hat den medizinischen Nutzen von SpectoVR mittlerweile bestätigt.

Publikumsmagnet SpectoVR

Ärztinnen und Ärzte von Neurochirurgischen Kliniken der Schweiz sowie des Universitäts-Kinderspitals beider Basel konnten sich während einer Weiterbildung ein Bild von SpectoVR machen. Fachleute aus aller Welt und die breite Öffentlichkeit lernten SpectoVR an verschiedenen Kongressen, Konferenzen, Ausstellungen und Events wie dem Swiss Digital Day kennen. Am 26. September 2019 wurde ausserdem der Showroom «Switzerland Innovation Park Basel Area» eröffnet; dort zeigen nun zahlreiche MIRACLE-Prototypen, die zum Teil interaktiv sind, wie sich das Forschungsprojekt bisher entwickelt hat, und es gibt auch eine SpectoVR-Station, die die Besucherinnen und Besucher ausprobieren können. Die virtuellen Reisen ins Körperinnere, die man mit SpectoVR unternehmen kann, haben sich mehrfach als Publikumsmagnet erwiesen.

Mittel der Werner Siemens-Stiftung

15,2 Mio. Schweizer Franken

Projektleitung

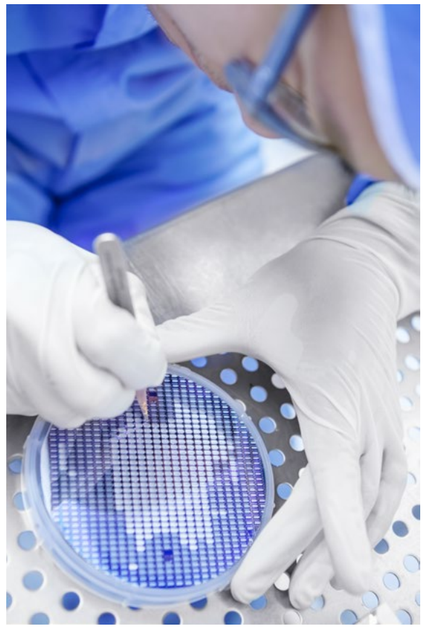
Prof. Dr. Philippe Cattin, Professor für Medizinische Bildanalyse und Leiter des Department of Biomedical Engineering, Universitätsspital Basel und Universität Basel
Prof. Dr. Hans-Florian Zeilhofer, Leiter der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie am Universitätsspital Basel

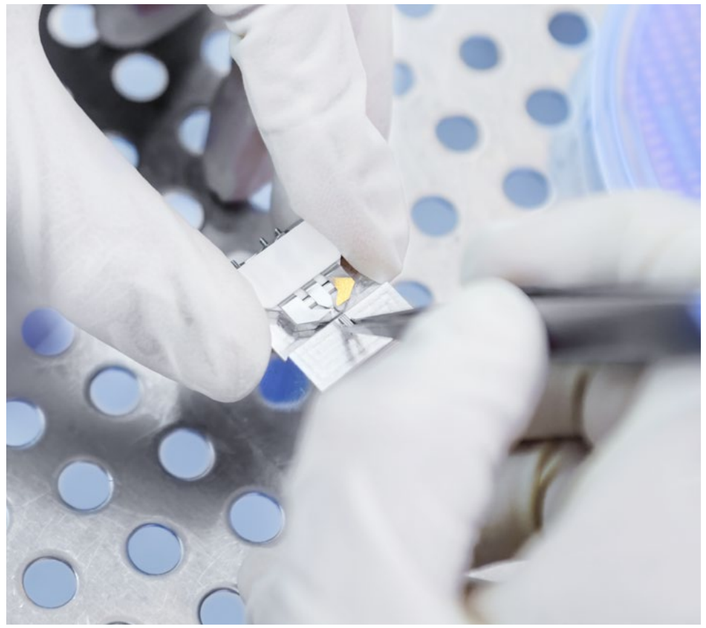
Projektdauer

2014–2021

Atomar kleines Neuland

Update zum Zentrum für Einzelatom-Elektronik und -Photonik





Auf Weltrekordkurs – Forschende des Zentrums für Einzelatom-Elektronik und -Photonik bei der Arbeit am neuartigen Mikrochip auf atomarer Basis

Die Forschenden des Zentrums für Einzelatom-Elektronik und -Photonik tüfteln an einem völlig neuartigen Mikrochip auf atomarer Basis, unterstützt von der Werner Siemens-Stiftung. Die bisherigen Ergebnisse aus dem Labor zeigen, dass das zentrale Bauelement des neuartigen Mikrochips, der Einzelatom-Transistor, ein riesiges Potenzial hat. Die Forscher konnten eine Version präsentieren, die in einem Gel-Elektrolyten bei Raumtemperatur mit nur gerade mal 6 mV Spannung funktioniert. Das ist Weltrekord.

Wer Neuland betritt, der stösst auch auf neuartige Probleme. So geht es derzeit den Professoren Jürg Leuthold, Thomas Schimmel, Mathieu Luisier und ihren Teams, die bei der Entwicklung des neuartigen Mikrochips auf atomarer Basis zusammenarbeiten. Die drei Forschungsgruppen haben bereits einen Prototyp eines klitzekleinen Einzelatom-Schalters entwickelt, der nicht wie die Schalter in herkömmlichen Mikrochips auf der Basis von Elektronen funktioniert, sondern auf der Basis eines einzelnen Atoms, das hin- und hergeschoben wird. Das Funktionsprinzip des neuartigen Einzelatom-Schalters ist folgendes: Zwei winzige Metallkontakte werden so nah nebeneinandergelegt, dass sie nur eine winzige Lücke in der Grösse eines einzelnen Atoms trennt. Wird ein Atom zwischen die Metallkontakte geschoben, verschliesst es die Lücke – worauf der elektrische Strom fliessen kann. Wird das Atom wieder zurückgeschoben, ist die Lücke wieder offen, wodurch der Stromkreis unterbrochen wird und der Strom nicht mehr fliesst. Dieses Prinzip, dass ein einzelnes Atom den Stromfluss oder auch optische Signale «schaltet», kann im neuartigen Mikrochip je nach Konfiguration ganz verschieden angewendet werden – etwa als Ein/Aus-Schalter, als Transistor, als Modulator oder auch als Speicherzelle.

Atomare Bauelemente

Der Physiker und Nanotechnologe Professor Thomas Schimmel und sein Team vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) haben den Einzelatom-Transistor zu einer Version weiterentwickelt, die in einem Gel-Elektrolyten bei Raumtemperatur bei noch kleineren Spannungen funktioniert: Nur gerade 6 Millivolt beträgt im Labor seine benötigte Steuerspannung – im Gegensatz zu 700 Millivolt Steuerspannung bei der neuesten herkömmlichen Transistor-Generation. «Was vor kurzer Zeit noch undenkbar war, ist heute gesichert», sagt Thomas Schimmel. Die Karlsruher Forscher haben auf der entsprechenden Technologie ein Patent angemeldet. Theoretisch ist es nun möglich, dass Mikrochips in Zukunft nicht nur 100-mal, sondern bis zu 10 000-mal energieeffizienter sind. Bis aus diesem enormen Laborerfolg jedoch eine Alltagstechnologie wird, bleibt noch einiges zu tun. «Doch unsere Experimente zeigen heute schon auf, was physikalisch möglich ist», so Schimmel.

Der Einzelatom-Transistor ist nur einer von rund einem Dutzend Bauelementen, aus denen der neuartige Mikrochip bestehen wird. Erfunden ist auch der Modulator, der ein elektrisches in ein optisches (Licht-)Signal verwandelt, sowie dessen Gegenstück, der Foto-Detektor. Ebenso sind ein elektrischer Schalter und ein volatiler Speicherbaustein in Entwicklung. Volatile Speicher behalten den Inhalt, solange eine Spannung anliegt. Die Forschenden um Jürg Leuthold müssen nun einen Weg finden, um den Speicher «nicht volatil» zu machen. Das ist nötig, damit die gespeicherten Daten auf dem Mikrochip nicht verloren gehen, wenn man ihn einst von der Energieversorgung trennt – etwa indem man den Computer abschaltet.

Anspruchsvolle Fertigung

Bis 2021 sollten gemäss Fahrplan alle wichtigen Bauelemente des atomaren Mikrochips vorliegen. «Das ist ehrgeizig, aber die drei Forscherteams arbeiten engagiert an diesem Ziel», sagt Jürg Leuthold. Viel hängt in diesem Forschungsgebiet von kleineren und grösseren Durchbrüchen ab. Wann sie gelingen, ist schwer vorauszusagen. Als Herausforderung erweist sich zum Beispiel die Herstellung atomar kleiner Drähte. Auch die Fertigungsschritte für die Herstellung der atomaren Transistoren sind anspruchsvoll. Leuthold und Schimmel tüfteln derzeit mit ihren Teams an verschiedenen Materialien und Geometrien.

Simulationen am Computer

Computer-Simulationen helfen, das Prinzip der Atomschaltung zu verstehen, noch ehe alle Bauelemente gebaut sind. Daran arbeitet die Forschergruppe von Professor Mathieu Luisier an der ETH Zürich. In diesem Bereich wurden gemäss Projektleiter Jürg Leuthold wichtige Fortschritte erzielt. So ist es den Forschenden im letzten Jahr gelungen, potenzielle Materialien wie Silber, Platin oder Glas zu simulieren und daraufhin zu testen, wie sie auf Hitze, Licht oder elektronische Impulse reagieren. «Wir kennen den Prozess, der zu einer Atomschaltung führt, mittlerweile ziemlich genau», sagt Jürg Leuthold.

Mittel der Werner Siemens-Stiftung
12 Mio. Schweizer Franken

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

Projektdauer
2017–2025

Begeisterte Tüftlerinnen

Update Mentoring-Programm «Swiss TecLadies» – Mädchen mit Technik-Power

Dass Mädchen sich für Robotik und Programmierung interessieren, wird von ihrem Umfeld oft nicht bemerkt und schon gar nicht gefördert. «Swiss TecLadies» ist ein Mentoring-Programm, das 13- bis 16-jährige Mädchen ermutigt, ihrer Neugier für Technik und Naturwissenschaften selbstbewusst nachzugehen.

«Die Mädchen sind Feuer und Flamme, wenn sie selbst etwas in Gang setzen können», erzählt Astrid Hügli, die Leiterin des Mentoring-Programms Swiss TecLadies. Das Unternehmen MAN hatte einen Workshop organisiert, bei dem die Mädchen Programme schreiben konnten. Besonders die Programmierung kleiner selbstfahrender Autos sorgte dabei für grosse Begeisterung. «Alle waren voll dabei», freut sich Astrid Hügli und berichtet, dass insbesondere die Robotik es den jungen Tüftlerinnen angetan hat.

Als Ingenieurin und Fachlehrerin für Natur und Technik an einer Sekundarschule weiss Astrid Hügli, wovon sie spricht. Ihre Erfahrungen hat sie in die Gestaltung des Mentoring-Programms der Schweizerischen Akademie der technischen Wissenschaften (SATW) eingebracht, das von der Werner Siemens-Stiftung unterstützt wird.

Gemeinsam Neues entdecken

Das Mentoring-Programm brachte 44 Frauen aus technischen oder naturwissenschaftlichen Berufen (Mentorinnen) mit 44 Mädchen (Mentees) im Alter von 13 bis 16 Jahren zusammen. Die Zweierteams zusammenzustellen erwies sich als Herausforderung, denn Mentorinnen wie Mentees kamen aus der gesamten Deutschschweiz, und den Schülerinnen sollten keine zu langen Bahnfahrten zugemutet werden. Zudem galt es, die fachlichen Präferenzen der Mentees zu berücksichtigen. Die meisten Mädchen interessierten sich für Robotik und Medizintechnik.

Ganz normale Menschen

Der Vertrauensaufbau war ein wichtiges Ziel des Mentoring-Programms. Mentorin und Mentee konnten selbst bestimmen, wie und wo sie ihre Treffen abhalten wollten, ob im Arbeitsumfeld der Mentorin oder privat. Die Mädchen und jungen Frauen sollten sehen, dass Frauen in Technikberufen keine Exotinnen sind, sondern ganz normale Leben haben. «So gab es auch mal eine Riesenradfahrt oder Spaziergänge mit dem Hund», berichtet die Programmleiterin. Manche Mentorinnen wurden sogar von den Mentees und ihren Eltern nach Hause eingeladen. Das Mentoring-Programm sah aber auch

Das erste Mentoring-Programm «Swiss TecLadies» hat gezeigt: Technikbegeisterte Mädchen legen gerne selbst Hand an. So auch die Sekundarschülerin Rahel (Mitte), die sich für Raketentechnik begeistert.

16 Workshops in verschiedenen Unternehmen vor, die freiwillig waren, aber von den Mentees sehr gut besucht wurden, wie Astrid Hügli feststellt. Ausserdem gab es Besuchstage wie zum Beispiel im Paul Scherrer Institut, einem der grössten Forschungszentren für Natur- und Ingenieurswissenschaften in der Schweiz, oder in der RUAG Space, der Raumfahrt-Division des Schweizer Technologiekonzerns RUAG. Zudem sollten zwei «Zukunftstage» mit Unterstützung der Zürcher Fachstelle für Gleichstellung das Selbstvertrauen der jungen Frauen stärken und ihnen Durchsetzungsstrategien für Frauen in einem männerdominierten Berufsumfeld aufzeigen.

Gut vernetzt

Im Juni 2019 wurde das erste Programmjahr abgeschlossen, das zweite beginnt im Herbst 2020. Bereits jetzt ist ein Netzwerk aus Naturwissenschaftlerinnen, Technikerinnen und Schülerinnen entstanden, das durch regelmässige Treffen gepflegt wird. In gewissen Abständen werden die Mentees nach ihren Berufsvorstellungen befragt. Im Moment geben 60 Prozent der Teilnehmerinnen ein ernsthaftes Interesse für einen technischen Beruf an. Wenn die Berufswahl dereinst konkret wird, stehen die Mentorinnen wieder für Beratungen zur Verfügung. Die gemeinsamen Aktivitäten und Interessen haben die Basis für längerfristige Kontakte zwischen Mentorinnen und Mentees gelegt. So nahmen sie auch gemeinsam am Abschluss-Event des ersten Mentoring-Programms Swiss TecLadies im Europa-Park teil.

Zu den Sternen

Aus Sicht der 13-jährigen Rahel Rüefli aus Grenchen war das Mentoring-Programm Swiss TecLadies so gelungen, dass sie gerne ein zweites Mal daran teilnehmen würde. Auf die Frage, was sie in Zukunft einmal machen möchte, antwortet Rahel: «Ich würde gerne zur Raumstation ISS fliegen.» Die Sekundarschülerin interessiert sich schon lange für Astrophysik und Raketentechnik, deshalb fand sie auch die Besichtigung der RUAG Space «einfach cool». Zusammen mit den anderen Mentees und den Mentorinnen besuchte sie eine ganze Reihe von Forschungseinrichtungen, Hochschulen und Unternehmen und nahm an Workshops teil. Das Paul Scherrer Institut hat Rahel bereits zum zweiten Mal besucht – und war erneut von den Experimenten mit dem Teilchenbeschleuniger beeindruckt.

Rahels Mutter kennt die Begeisterung ihrer Tochter für die Naturwissenschaften und hat sie deshalb auf die Ausschreibung für das Mentoring-Programm aufmerksam gemacht. Rahel weiss, dass sich nur wenige Mädchen für Technik interessieren. So hat ihr bei den Swiss TecLadies besonders gut gefallen, dass sie zusammen mit gleichgesinnten Mädchen ihrer Leidenschaft nachgehen konnte.

Mittel der Werner Siemens-Stiftung
900 000 Schweizer Franken

Projektleitung
Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW)

Projektdauer
2017–2021

Tiefer Blick in die Moleküle

Update zum «Werner Siemens Imaging Center» in Tübingen – bildgebende Verfahren

Das «Werner Siemens Imaging Center» arbeitet in der bildgebenden Forschung erfolgreich mit der Universität und dem Universitätsklinikum Tübingen zusammen. Sein Forschungsschwerpunkt Tumortherapien wurde nun Teil der deutschen «Exzellenzstrategie». Das nächste Ziel: nachhaltig wirksame Krebstherapien zu entwickeln.

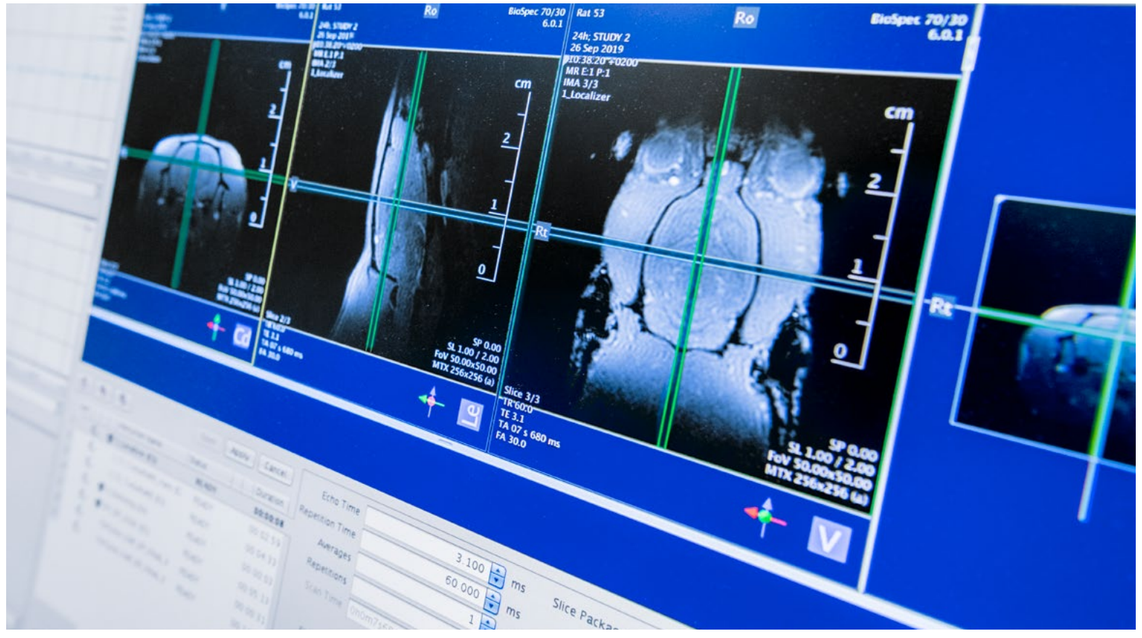
Das «Werner Siemens Imaging Center» (WSIC) in Tübingen hat sich seit seiner Gründung im Jahr 2014 zu einem international herausragenden Forschungsort für präklinische Bildgebung und Bildgebungstechnologie entwickelt. Der Fokus des Forschungsteams liegt auf der Grundlagenforschung an Zell- und Tiermodellen. Professor Bernd Pichler hält die Werner Siemens-Stiftungsprofessur und leitet das rund 60-köpfige WSIC-Team. Das Team vereint Fachwissen aus Biologie, Physik, Medizin, Chemie und den Ingenieurwissenschaften. Die fächerübergreifende Forschung des WSIC hilft zu verstehen, wie Krankheiten entstehen, sich entwickeln und sich im Körper verbreiten. «Unser übergeordnetes Ziel ist es», so Bernd Pichler, «neue Erkenntnisse für eine wirksamere Behandlung von Krankheiten wie Krebs, Alzheimer oder Parkinson zu gewinnen.»

Kombinierte PET/MRI-Systeme

Um die komplexen Forschungsaktivitäten des WSIC verständlich zu machen, erzählt Bernd Pichler von einem konkreten Projekt: «Wir haben am WSIC ein bildgebendes System für die Untersuchung von Mäusen entwickelt, das die Positronen-Emissions-Tomographie mit der Magnetresonanz-Tomographie verbindet. Mit diesem kombinierten PET/MRI-System ist es möglich, Einsichten in Krankheitsgeschehen und Vorgänge in Mäusekörpern zu gewinnen.» Solche kombinierten bildgebenden Systeme spielen sowohl in der Forschung als auch in der Krebsdiagnostik eine wichtige Rolle.

Schneller Wissenstransfer in die Klinik

Das WSIC-Team entwickelt auch sogenannte Biomarker. Das sind radioaktive oder fluoreszierende chemische Verbindungen, die sich mit bildgebenden Verfahren im Körper nachweisen lassen. Den Forschenden gelang es beispielsweise, den für Menschen gefährlichen Schimmelpilz *Aspergillus fumigatus* mit radioaktiv markierten Antikörpern sichtbar zu machen. Damit die laufend neu gewonnenen Erkenntnisse rasch den Patientinnen und Patienten zugutekommen, arbeitet das WSIC-Team eng mit Ärztinnen und Ärzten und Forschenden des Universitätsklinikums Tübingen zusammen.



Die Forschung zur individualisierten Tumortherapie am «Werner Siemens Imaging Center» in Tübingen erfuhr 2019 eine besondere Auszeichnung: Sie wurde Teil der «Exzellenzstrategie» Deutschlands.

So konnte 2019 das Schimmelpilz-Markier- und Diagnoseverfahren bei ersten Patientinnen und Patienten am Klinikum erfolgreich eingesetzt werden. Auch zur Parkinson-Erkennung wird ein neuer Biomarker entwickelt. Grosse Fortschritte sind gemäss Bernd Pichler auch in der Bildgebung bei Tumoren erzielt worden.

Erfolg auf Bundesebene

Die «Exzellenzstrategie» des Bundes und der Länder unterstützt in Deutschland Spitzenforschung an Universitäten und international konkurrenzfähigen Forschungseinrichtungen. Die Universität Tübingen kommt seit Anfang 2019 in den Genuss solcher Forschungsgelder, und zwar für ihre drei hochkarätigen Forschungsverbünde molekulare Onkologie, Immunonkologie und multiparametrische Bildgebung. Diese werden nun als «Exzellenzcluster» während sieben Jahren mit bundesdeutschen Forschungsgeldern unterstützt. Bernd Pichler betont: «Diese Anerkennung war nur durch die kontinuierliche Unterstützung der Werner Siemens-Stiftung möglich.»

Die drei Exzellenzcluster arbeiten im iFIT-Exzellenzcluster zusammen. iFIT steht für «Individualisierung von Tumortherapien durch molekulare Bildgebung und funktionelle Identifizierung therapeutischer Zielstrukturen». Der Forschungsverbund will ein umfassendes Verständnis biologischer Prozesse in Krebsgeschwüren erreichen. Modernste bildgebende Verfahren werden eingesetzt, um Stresszustände von Tumoren zu veranschaulichen. Die gewonnenen Tumorbilder sollen ermöglichen, neu entwickelte Krebstherapien individuell auf den jeweiligen Patienten beziehungsweise auf die jeweilige Patientin anzupassen.

Ausbau Tumorforschung

Die Tumorforschung wird am WSIC in den nächsten Jahren weiter ausgebaut. In einem ersten Schritt konnte Dr. Bettina Weigelin vom MD Anderson Cancer Center in Houston, Texas, gewonnen werden. Bettina Weigelin baut die Intravitalmikroskopie am WSIC auf, um Tumorforschung auf unterschiedlichen Grössenskalen zu ermöglichen. Mit der Intravitalmikroskopie können molekulare und zelluläre Prozesse im Detail untersucht werden. «Die Analysen liefern beispielsweise Hinweise auf die Ursachen einer Therapieresistenz», so Bettina Weigelin, «oder sie zeigen die Entwicklung und Metastasierung von Tumoren.»

Mittel der Werner Siemens-Stiftung

12,3 Mio. Euro (2007–2016)
15,6 Mio. Euro (2016–2023)

Projektleitung

Prof. Dr. Bernd Pichler, Werner Siemens-Stiftungsprofessor und Direktor Werner Siemens Imaging Center

Projektdauer

2007–2023

Unternehmen im Brutkasten

Update zum Förderprogramm MedTechEntrepreneur-Fellowships

Der Biotechnologe Yannick Devaud im «UZH Life Science Incubator Lab» in Schlieren bei Zürich. Hier steht ihm die Laborinfrastruktur zur Verfügung, die er braucht, um seine medizintechnische Erfindung zur Marktreife zu bringen.

Medizinische Erkenntnisse aus den Hochschulen sollen den Menschen zugutekommen. Das ist das übergeordnete Ziel der von der Werner Siemens-Stiftung finanzierten MedTech-Entrepreneur-Fellowships der Universität Zürich. Seit der Gründung vor einem Jahr wurden sieben Fellows mit vielversprechenden Ideen auf dem Weg ins Unternehmertum unterstützt.

Der Weg von der Forschung in den Markt ist lang und steil, und Forscher Yannick Devaud befindet sich noch nicht einmal am offiziellen Start. «Bevor ich ein Unternehmen gründe und Investoren suche, muss ich beweisen können, dass meine Methode funktioniert», sagt er.

Yannick Devaud hat ein Verfahren entwickelt, mit dessen Hilfe die Fruchtblase schwangerer Frauen nach einer Operation mit einer Art Pflaster geschützt werden kann. Wird die Fruchtblase nämlich zerstört – was bei Operationen oft der Fall ist –, kommt es zu Frühgeburten. Nicht selten überleben die Frühchen nicht. Das will Devaud ändern: «Ich will diese Babys retten.»

Dafür braucht der 31-jährige Biotechnologe allerdings Geduld. Bis zu zehn Jahre kann es dauern, bis ein Start-up in der Medizintechnik ein marktreifes Produkt vorweisen kann – vor allem wegen aufwändiger Regulierungsverfahren. Wer diesen Marathon überstehen will, braucht also nicht nur einen langen Atem, sondern auch viel Geld und Unterstützung. Dort setzt das Förderprogramm MedTech-Entrepreneur-Fellowship der Universität Zürich (UZH) an, das die Werner Siemens-Stiftung seit 2018 für zehn Jahre finanziert.

Erste Tests an Schafen

Als einer der ersten beiden Fellows erhielt Yannick Devaud vor einem Jahr 150 000 Franken aus dem Förderprogramm. Zudem profitiert er von der zur Verfügung gestellten Infrastruktur, dem Coaching und dem Netzwerk. Das erlaubte ihm, sein Verfahren weiterzuentwickeln, erste Kontakte in der Branche zu knüpfen, an seinem Businessplan zu feilen und vor allem die ersten Experimente vorzubereiten. Einen wichtigen Meilenstein erreichte er im Juli 2019, als er sein Verfahren erstmals an Schafen testen konnte. «Die Resultate sind vielversprechend», so Devaud. Aber weil das «Pflaster» die Fruchtblase einer Patientin während der gesamten Schwangerschaft schützen soll, muss Devaud noch die Langzeitergebnisse abwarten.

Wettbewerbstauglich

Für sein Projekt erhielt Devaud im Frühling 2019 zusätzliche Unterstützung durch die private Förderorganisation Venture Kick. 50 000 Franken kamen zu seinem Startkapital hinzu, weitere 100 000 Franken könnten folgen. Für Professor Michael Schaepman, Prorektor Forschung an der UZH und Verantwortlicher der MedTech-Entrepreneur-Fellowships, ist das ein gutes Zeichen. «Wenn Fellows auch von anderen Förderfonds unterstützt werden, zeigt das, dass wir qualitativ hochstehende Projekte auswählen, die auch im internationalen Wettbewerb eine Chance haben.»

Gesucht: verwertbare Ideen

Die MedTechEntrepreneur-Fellowships werden zweimal im Jahr durch eine Jury mit Expertinnen und Experten aus Wissenschaft und Industrie vergeben. Seit dem Start vor einem Jahr werden sieben Projekte unterstützt. Insgesamt gingen 15 Bewerbungen für ein Fellowship ein. Die Anzahl der Bewerbungen steigt tendenziell leicht an. Doch Schaepman betont, dass vor allem die Qualität stimmen müsse. «Für uns ist entscheidend, wie viele der vorgeschlagenen Projekte verwertbare Ideen beinhalten. Diesbezüglich können wir sehr zufrieden sein.» Thematisch ist die Bandbreite der geförderten Projekte gross. Sie reicht von einer Computer-Vision-Technik, welche die künstliche Beatmung erleichtert, über einen Schnelltest zur Erkennung von Antibiotika-Resistenzen bis hin zu einer neuartigen Technologie für die Kühlung von Laborproben.

Räume und Labors

Ein Jahr nach dem Start der MedTech-Entrepreneur-Fellowships ist auch das «UZH Life Science Incubator Lab» auf dem Campus Schlieren voll in Betrieb. Es umfasst Büroräumlichkeiten sowie speziell für Biotech- und Medtech-Experimente ausgestattete Labors. Gemäss Schaepman haben sich bereits drei Fellows einquartiert. Die Jungunternehmer können die am Institut für Regenerative Medizin (IREM) angegliederten Räume nutzen – müssen aber nicht. Überhaupt entscheiden die Fellows eigenverantwortlich, wie sie ihre Projekte weiterentwickeln. Schaepman vergleicht die Unterstützung von Seiten der UZH mit dem Schweizer Wanderweg-System. «Wir stellen die gelben Schilder auf, aber laufen müssen die Fellows selbst. Genauso wie *sie* entscheiden, in welche Richtung es gehen soll.»

Firmengründung als Ziel

Auch Yannick Devaud, der dereinst mit einem «Pflaster» Ungeborene retten möchte, erreicht bald die nächste Wegkreuzung. Sollten die Langzeittests erfolgreich sein, rückt eine Firmengründung sehr nahe. «Es wird eine Herausforderung, die richtigen Leute für das Team zu finden», sagt er. Wenn alles klappt, könnte der offizielle Startschuss für sein Unternehmen, das KOVE heissen soll, Anfang 2020 erfolgen. Doch Devaud hat sich mittlerweile daran gewöhnt, mit Unwägbarkeiten umzugehen. «Um genug Daten zu bekommen, bin ich darauf angewiesen, dass sich die Schafe auch wirklich paaren», erzählt er und muss lachen. «Alles liegt eben nicht in meiner Hand.»

Mittel der Werner Siemens-Stiftung

10,67 Mio. Schweizer Franken für 10 Jahre

Projektleitung

Prof. Dr. Michael Schaepman, Prorektor Forschung, Universität Zürich

Projektdauer

2018–2027

Die mit einem Exzellenzstipendium der Werner Siemens-Stiftung ausgezeichneten aktuellen und ehemaligen Fellows schätzen den Austausch untereinander und den Blick über den Tellerrand – hier mit Begleitpersonen beim Besuch eines innovativen Infrastrukturprojekts in Zürich.

Vielseitige Talente

Update zur Begabtenförderung im MINT-Studienbereich – die Werner Siemens-Fellowships

In Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik herrscht nach wie vor ein Mangel an hochqualifizierten Persönlichkeiten, die in der Gesellschaft Schlüsselpositionen einnehmen und innovativ mit den Herausforderungen unserer Zeit umgehen können. Deshalb unterstützt die Werner Siemens-Stiftung die vielfältige Begabtenförderung der Schweizerischen Studienstiftung im MINT-Bereich.

Die Schweizerische Studienstiftung setzt die Mittel der Werner Siemens-Stiftung vielfältig ein. So vergibt sie jedes Jahr zehn Stipendien – Werner Siemens-Fellowships genannt. Es sind Exzellenzstipendien, die an herausragende Studentinnen und Studenten aus den Bereichen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technologie, Medizin und Pharmazeutik gehen. Die Studierenden, die ein Werner Siemens-Fellowship erhalten, leisten nicht nur in ihrem Studienschwerpunkt Aussergewöhnliches, sie interessieren und engagieren sich darüber hinaus für gesellschaftlich wichtige Fragen und Probleme rund um ihren Fachbereich.

Werner Siemens-Fellowship

Jedes Werner Siemens-Fellowship beinhaltet ein Stipendium in der Höhe von 19 800 Schweizer Franken pro Jahr und ermöglicht den Studentinnen und Studenten darüber hinaus, am umfangreichen Bildungsprogramm der Schweizerischen Studienstiftung teilzunehmen. Diese fördert den interdisziplinären Austausch der Werner Siemens-Fellows mit Studierenden anderer Disziplinen sowie die Vernetzung mit Expertinnen und Experten aus dem MINT-Bereich. Im Jahr 2019 besuchten aktuelle und ehemalige Werner Siemens-Fellows zusammen das Hunziker-Areal in Zürich Leutschenbach, wo sie ein innovatives Infrastrukturprojekt kennenlernten.

Mobilität, Infrastruktur und Innovation

Die Werner Siemens-Fellows erfuhren vor Ort, wie eine vormals abgeschiedene Industrie- und Gewerbezone am Nordrand von Zürich in ein 41 000 m² grosses, attraktives Wohnquartier umgestaltet werden konnte, in dem Leben, Wohnen und Arbeiten ineinandergreifen. Das vielfältige Raumangebot im sogenannten Hunziker-Areal ist wandelbar und kann an veränderte Bedürfnisse angepasst werden. Das Hunziker-Areal war ausgewählt worden, weil es in das ebenfalls von der Werner Siemens-Stiftung finanzierte Förderprogramm «Mobilität, Infrastruktur, Innovation» passt. Zu diesen drei aktuellen Themen organisiert die Schweizerische Studienstiftung übers Jahr verteilt Bildungs- und Netzwerkveranstaltungen für begabte Studierende aus der ganzen Schweiz.

Sommerakademien in der Südschweiz

Auch drei der Sommerakademien in Magliaso, Tessin, werden jedes Jahr von der Werner Siemens-Stiftung unterstützt. Die Sommerakademien sind ein Highlight für die geförderten Studierenden. Auf dem schönen Campus, idyllisch am Luganer See gelegen, können sie sich in interdisziplinär zusammengesetzten Arbeitsgruppen eine Woche lang mit Themen beschäftigen, die sie interessieren, für die im Studienalltag aber keine Zeit bleibt.

Die neuen Fellows

Im Juli 2019 wurden zum vierten Mal zehn Werner Siemens-Fellowships an hervorragende Studierende der MINT-Disziplinen vergeben. Eine davon ist Eliane Röösli aus Cham, die an der EPFL ihr Masterstudium in Life Science Engineering mit Nebenfach Management, Technology and Entrepreneurship absolviert. Ihre Freude über das Stipendium ist gross: «Das Werner Siemens-Fellowship gibt mir die Freiheit, mich voll und ganz meinem Studium zu widmen und neue, spannende Projekte zu realisieren. Zudem ist der Austausch mit den anderen Fellows sehr bereichernd und inspirierend. Ich bin unglaublich froh, von der Werner Siemens-Stiftung unterstützt zu werden.»

Die neuen Stipendiatinnen und Stipendiaten bringen jeweils interessante Werdegänge ins Netzwerk ein. Stellvertretend seien zwei neue Werner Siemens-Fellows kurz vorgestellt:

Nina Glaser aus dem Kanton Bern interessiert sich seit jeher gleich für drei MINT-Disziplinen, nämlich Mathematik, Physik und Chemie. Sie studierte deshalb Interdisziplinäre Naturwissenschaften an der ETH Zürich; derzeit plant sie nicht nur den Master, sondern engagiert sich auch für Chancengleichheit von Frau und Mann und als Mentorin für Flüchtlinge, die an der ETH Zürich studieren.

Pascal Lieberherr aus Flawil absolvierte eine Berufslehre als Anlagen- und Apparatebauer, inklusive Auslandeinsatz in China. Anschliessend bildete er in Minneapolis amerikanische Lernende aus. Dann machte er die Matura und studiert nun Maschinenbau an der ETH Zürich. Er forscht unter anderem an einem Roboter, der landwirtschaftliche Aufgaben wie Unkrautvernichtung umweltfreundlich erledigen könnte.

Die Lebensläufe der anderen neuen Werner Siemens-Fellows können auf der Website der Schweizerischen Studienstiftung nachgelesen werden. Spannend und vielversprechend sind sie alle.

Mittel der Werner Siemens-Stiftung

10 Werner Siemens-Fellowships jährlich in Höhe von 19 800 Schweizer Franken pro Jahr und Person
360 000 Schweizer Franken jährlich für die Sommerakademien

Projektleitung

Dr. Klara Sekanina, Direktorin Schweizerische Studienstiftung, Zürich
Dr. Sarah Beyeler, wissenschaftliche Mitarbeiterin, Schweizerische Studienstiftung, Zürich

Projektdauer

2015–2025

Wer wir sind

Sie gründeten und alimentierten die Werner Siemens-Stiftung:
Charlotte und Marie – *Anna und Hertha* – Nora

Zustifterinnen mit Weitblick

Werner von Siemens' Töchter Anna Zanders (links) und Hertha Harries brachten viel Vermögen in die Werner Siemens-Stiftung ein, die ihre Cousinen 1923 gegründet hatten.

Das Vermögen der Werner Siemens-Stiftung beruht auf den Zuwendungen von Mitgliedern der Familie von Siemens: Nach der Gründung der Stiftung 1923 durch Charlotte und Marie, den Töchtern von Carl von Siemens, steuerten deren Cousinen Anna und Hertha sowie später Eleonore «Nora» Füssli namhafte Beträge bei. Soviel ist gewiss. Doch von den Zustifterinnen selbst weiss man nur wenig. Das ändert sich nun.

Die Werner Siemens-Stiftung hat den Auftrag, das Leben und Wirken ihrer Stifterinnen zu recherchieren, an zwei kundige Autorinnen vergeben: Béatrice Busjan und Yvonne Gross. Béatrice Busjan ist Historikerin und Kunsthistorikerin. Yvonne Gross ist Fachangestellte für Medien (Bibliothek/Archiv) sowie Autorin und hat mit Ludwig Scheidegger, dem früheren Direktor von Siemens Schweiz, die Biografie zu Eleonore «Nora» Füssli geschrieben und 2018 in Buchform veröffentlicht.

Da Nora Füssli (1874–1941) die Stiftung als Letzte alimentierte, werden wir sie der Chronologie zuliebe im «Report» 2020 vorstellen. Hier werfen wir nun einen Blick auf das Leben von Anna (1858–1939) und Hertha (1870–1939). Die beiden Töchter von Werner von Siemens waren die ersten Zustifterinnen. Ihr Leben wird derzeit von Yvonne Gross und Béatrice Busjan aufgearbeitet. Ein Werkstattgespräch.

Béatrice Busjan und Yvonne Gross, können Sie kurz skizzieren, wie es dazu kam, dass Anna und Hertha wesentliche Mittel der Werner Siemens-Stiftung zuführten?

Yvonne Gross: Anna und Hertha waren mit ihren Cousinen Charlotte und Marie, die 1923 die Werner Siemens-Stiftung gründeten, sehr vertraut. Charlotte und Marie hatten nach ihrer traumatischen Vertreibung aus dem nachrevolutionären Russland das unbedingte Bedürfnis, für ihre Nachfahren Vorsorge zu treffen. Dieser Wunsch trieb auch Anna und Hertha an.
Béatrice Busjan: Anna und Hertha hatten ebenfalls einen grossen Familiensinn, blieben jedoch beide kinderlos. Daher richtete sich ihre familiäre Fürsorge insbesondere auf ihre Nichten und Neffen. Sie erlebten in den 1920er-Jahren die Inflation in Deutschland und machten sich – da sie beide früh verwitwet waren – natürlich Gedanken über ihre eigene finanzielle Absicherung und über eine sinnvolle Verwendung ihres Erbes. Das ist ganz kurz der historische Hintergrund ihrer Zustiftungen in die Werner Siemens-Stiftung.

Was wussten Sie über Anna und Hertha, als Sie Anfang 2018 mit den Nachforschungen begannen?

Yvonne Gross: Anna ist die älteste Tochter von Werner von Siemens, Hertha die jüngste. Anna hat den Papierfabrikanten Richard Zanders in Bergisch Gladbach geheiratet; Hertha den Chemiker Carl Dietrich Harries in Berlin. Beide Ehen blieben kinderlos. Aus meinen früheren Recherchen kannte ich auch schon Herthas grosses Interesse für die Kunst.
Béatrice Busjan: Annas Name wurde vor allem mit der Gronauerwald-Siedlung in Bergisch Gladbach verbunden, die sie mit ihrem Mann für Angestellte und Arbeiter ihrer Papierfabrik Zanders aufgebaut und nach seinem Tod weiterentwickelt hatte. Bei Hertha wurde immer ihr soziales Engagement im Siemens-Konzern herausgestellt. Aber die Persönlichkeiten der beiden konnte man nicht richtig fassen, da sich bisher niemand intensiv mit ihnen beschäftigt hat.

Welche Entdeckungen zu Anna und Hertha haben Sie am meisten überrascht?

Béatrice Busjan: Herthas enge Verbindung zur künstlerischen und wissenschaftlichen Avantgarde des frühen 20. Jahrhunderts und ihr herausragendes Urteilsvermögen: Bei ihr gingen nicht nur künftige Nobelpreisträger ein und aus, sondern sie erkannte zum Beispiel auch die künstlerische Qualität von Werken van Goghs und Bruno Tauts – Jahre bevor diese allgemein anerkannt waren.
Yvonne Gross: Anna wird von allen Zeitgenossen als sehr durchsetzungsfähig beschrieben. Wir haben jetzt herausgefunden, dass sie sich anfangs von einem erfahrenen Politiker coachen liess, der ihr entscheidende Hinweise gab. Und ein Blick in ihren Kalender aus ihrem Todesjahr zeigt, wie viel sie noch vorhatte!
Béatrice Busjan: Es ist ausserdem sehr beeindruckend, wie Anna und Hertha mit persönlichen Schicksalsschlägen und gesellschaftlichen Umbrüchen umgingen und dabei stets zu Neuanfängen bereit waren.

War es schwierig, an die Informationen zu kommen?

Busjan: Schaut man in die vorhandene Forschungsliteratur und in zeitgenössische Publikationen wie Zeitungen, dann merkt man rasch, dass die beiden Frauen oft hinter ihren Ehemännern «verschwinden». Damit ist gemeint, dass Aktivitäten, die vielleicht von Anna oder Hertha ausgingen, ihren Ehemännern zugeschrieben wurden. Das ist natürlich typisch für den Zeitraum, in dem wir uns historisch bewegen: in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts und zu Anfang des 20. Jahrhunderts. Wir mussten also alles, was zeitgenössisch veröffentlicht wurde, «gegen den Strich» lesen und immer prüfen, wer wohl tatsächlich die handelnde Person war. Ausserdem war von Anfang an klar, dass das Sichten von Quellenmaterial für eine fundierte Erzählung der Biografien unverzichtbar ist. Also: Geburts- und Todes-

urkunden, Taufscheine, Kauf- und Gesellschafterverträge, Akten und Korrespondenzen privater und geschäftlicher Art.
Yvonne Gross: Solche Unterlagen befinden sich in öffentlichen Archiven oder in Familienbesitz. Nicht immer ist das vorhandene Material bereits erschlossen, manches Mal auch noch gar nicht verzeichnet, wie zum Beispiel die Korrespondenz von Anna mit ihrem Patenkind Werner Ferdinand von Siemens oder mit ihrer Tante Anne Gordon. So waren wir manches Mal die Ersten, die nach achtzig bis hundert Jahren wieder in die Unterlagen schauten. In diesen Fällen heisst es erst einmal: viel Handschriftliches sortieren und entziffern.

Wo fanden Sie die meisten Informationen zu Anna und Hertha?
Yvonne Gross: Das umfangreichste Material stammt aus dem Siemens Historical Institute. Dort fanden sich viel mehr Unterlagen zu den beiden Frauen, als zu Beginn unserer Arbeit bekannt war. Zur Klärung von einzelnen Fragen haben wir eine Vielzahl weiterer Archive kontaktiert, wie zum Beispiel die Universitätsarchive in Berlin und Jena, die Stadtarchive von Bergisch Gladbach und Köln oder die Landesarchive von Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen. Für Hertha waren Anfragen in Italien erforderlich, und zu Anna gab es in Amerika einiges zu entdecken. Überdies spielten die Nachfahren der Familien von Siemens, Zanders, Harries und Eckener eine wichtige Rolle bei der Recherche.

Béatrice Busjan: Für die ersten Lebensjahrzehnte von Anna und Hertha sind die Briefe, die ihr Vater Werner von Siemens mit seinen Brüdern, insbesondere mit Carl von Siemens wechselte, eine unglaublich berührende Quelle. Werner und Carl von Siemens führten nicht nur gemeinsam ein internationales Unternehmen, sondern waren auch beide sehr fürsorgliche Väter, die über das Wohlergehen ihrer Kinder in ständigem Kontakt waren. Nach dem Tod von Werner von Siemens 1892 brach das natürlich ab. Aber für die Folgezeit waren die Briefe, die Anna und Hertha an ihre Verwandten richteten, sehr ergiebig, vor allem aber auch die Briefe, die sie sich gegenseitig schrieben, denn hier waren die beiden «unter sich» und erzählten sich manches, was sonst nicht ausgesprochen wurde. Hertha schmuggelte zum Beispiel Champagner in die Klinik, in der sie zur Behandlung war, und Anna dachte darüber nach, für ihr Patenkind Werner Ferdinand ihr ganzes Leben auf den Kopf zu stellen.

Publikationen

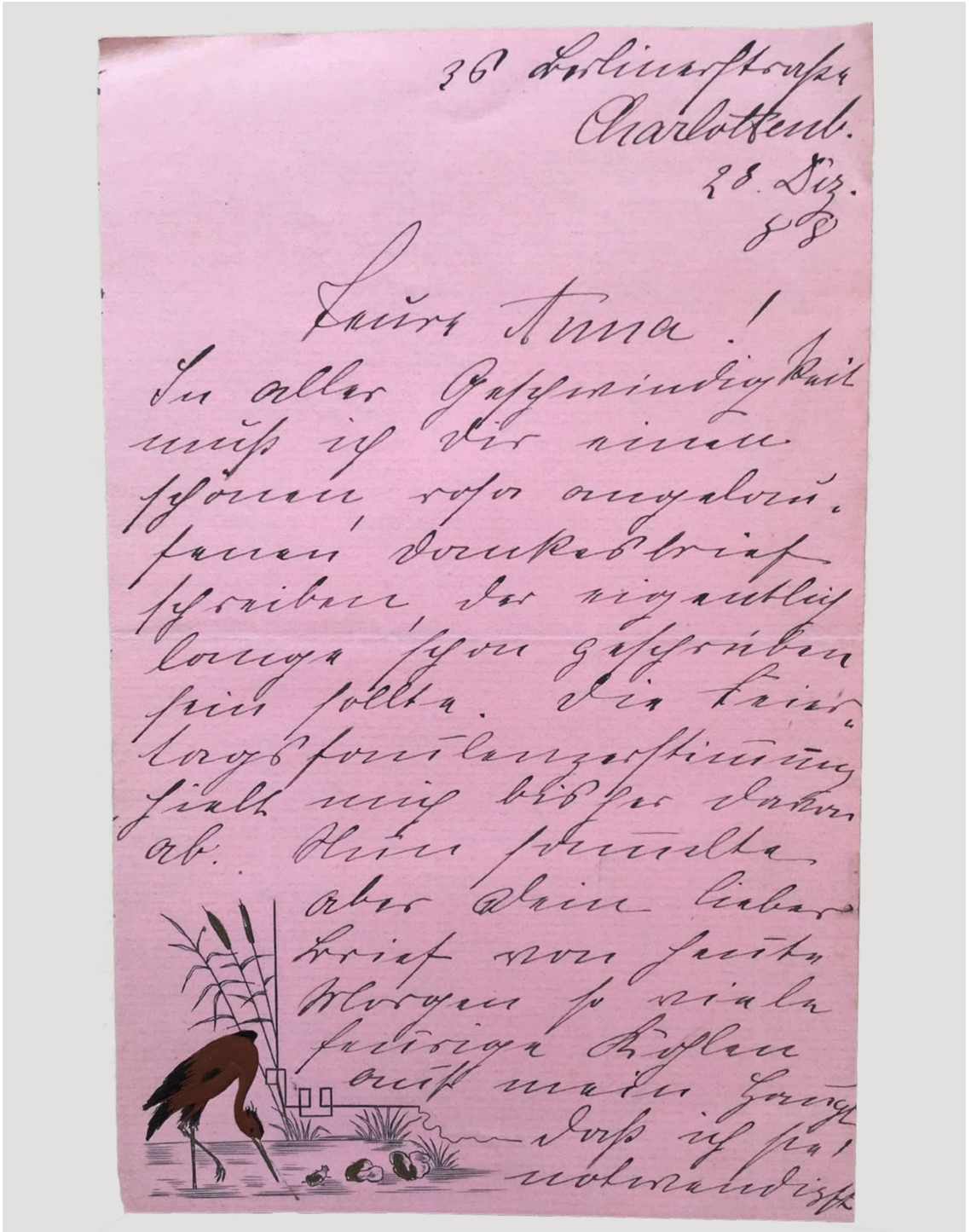
Die Biografien von Anna von Siemens und Hertha von Siemens werden Ende 2020 im Thomas Helms Verlag, Schwerin, erscheinen, herausgegeben von der Werner Siemens-Stiftung.

Buchautorinnen

Béatrice Busjan, M. A., Historikerin und Kunsthistorikerin, Leiterin der Agentur Geschichte + Kunst, Hamburg
Yvonne Gross, Recherche, Fachangestellte für Medien- und Informationsdienste, Berlin

Buch zu Eleonore «Nora» Füssli

Yvonne Gross und Ludwig Scheidegger: «Nora Füssli», herausgegeben von der Werner Siemens-Stiftung, Thomas Helms Verlag, Schwerin, 2018


36 Berlinerstrasse
Charlottenb.
28. Dez.
88

Teure Anna!
In aller Geschwindigkeit
muß ich Dir einen
schönen, rosa angelaufenen
Dankesbrief
schreiben, der eigentlich
lange schon geschrieben
sein sollte. Die Feier-
tagsfaulenzerstimmung
hielt mich bisher davon
ab. Nun kommt
aber Deine liebe
Brief von heute
Morgen so viele
feurige Kohlen
auf mein Haupt
daß ich ja
notwendigst

«Teure Anna! In aller Geschwindigkeit muss ich Dir einen schönen rosa angelaufenen Dankesbrief schreiben, der eigentlich lange schon geschrieben sein sollte. Die Feiertagsfaulenzerstimmung hielt mich bisher davon ab.» So beginnt der Brief, den Hertha ihrer Schwester Anna am 28.12.1888 schrieb. Die beiden Schwestern schrieben einander oft – wie schon ihr Vater Werner und sein Bruder Carl es getan hatten.

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

Beat Voegeli
Mitglied
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
Ebmatingen, 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

Vergabeprozess

Förderkriterien

Die Werner Siemens-Stiftung fördert jährlich ein bis drei pionierhafte technische und naturwissenschaftliche Projekte in Forschung und Lehre an Hochschulen vornehmlich in Deutschland und in 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 finanziell 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.

Projektantrag

Entspricht Ihr Projekt den Förderkriterien der Werner Siemens-Stiftung, können Sie einen Antrag stellen. Der Vergabeprozess sieht wie folgt aus:

1 Das Projekt muss die Förderkriterien erfüllen
2 Der Antrag kann online gestellt werden
3 Vorprüfung durch den Beirat
4 Zusatzinformationen
5 Beurteilung Antrag durch das Kuratorium und den Beirat
6 Entscheid
7 Vertrag

Die Dauer des Vergabeprozesses beträgt ein halbes Jahr.

Kontakt

Werner Siemens-Stiftung
Guthirthof 6
6300 Zug
Schweiz

+41 41 720 21 10

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

Drei Fragen an Erika Koller

Erika Koller leitet seit Februar 2019 das Sekretariat der Werner Siemens-Stiftung. Zuvor war sie 33 Jahre lang für den Siemens-Konzern tätig, in insgesamt sechs verschiedenen Bereichen, zuletzt in der Generaldirektion als Assistentin des vormaligen CEO Siegfried Gerlach.

Erika Koller ist die Leiterin des Sekretariats der Werner Siemens-Stiftung.

Sie arbeiteten von 1985 bis 2019 für den Siemens-Konzern. Wie kam es dazu?

Erika Koller: Das Albiswerk – das war der Vorgänger von Siemens-Albis, aus dem später die Siemens Schweiz wurde – war mir schon als Kind vertraut. Ich wuchs in Zürich-Albisrieden auf, und mein Weg ins Freibad führte mich am Firmengelände vorbei. Ich hätte aber nie gedacht, dass ich praktisch mein ganzes Berufsleben für Siemens tätig sein würde. Nach einer kaufmännischen Ausbildung war ich zuerst im Bankbereich tätig. Mein damaliger Partner arbeitete für Siemens, war dort sehr zufrieden und riet mir, mich ebenfalls zu bewerben. Anfangs war es eine ziemliche Herausforderung, mit der mir bisher unvertrauten technischen Sprache zurechtzukommen. Aber mir gefiel diese Welt zunehmend, und ich war stolz, wenn ich im Alltag im Tram, in der S-Bahn oder an einem Computertomographen das Siemens-Logo sah.

Es ist heute eher selten, dass jemand 33 Jahre für denselben Arbeitgeber tätig ist. Wie sah Ihr beruflicher Weg im Siemens-Konzern aus?

Es war eigentlich eine Art «Tellerwäscherkarriere». Ich begann als Sekretärin und wurde dann mehrmals gefragt, ob ich intern wechseln wolle. So war ich insgesamt in sechs Bereichen tätig und konnte immer mehr Verantwortung übernehmen. Zuletzt arbeitete ich elf Jahre in der Generaldirektion als Assistentin des vormaligen CEO Siegfried Gerlach. Es gab schlicht nie einen Grund, den Arbeitgeber zu wechseln. Ich hatte immer angenehme Vorgesetzte, tolle Teams und Spass an der Arbeit. Es war sehr spannend für mich, in all den Jahren verschiedene Teile des Konzerns kennenzulernen. Eine zusätzliche Bereicherung war es, mehrere Jahre als Stiftungsrätin und Mitglied der Anlagekommission des Wohlfahrtsfonds, den die Siemens Schweiz für ihre Mitarbeitenden geschaffen hat, wirken zu dürfen.

Seit Februar 2019 leiten Sie das Sekretariat der Werner Siemens-Stiftung. Wie kam es zu diesem Wechsel?

(Lacht) Hubert Keiber, der Obmann der Werner Siemens-Stiftung, ist ein ehemaliger Vorgesetzter von mir. Er hat mich im Laufe meines Berufslebens insgesamt dreimal zu einem Stellenwechsel bewogen. Das dritte Mal rief er mich im Frühling 2018 an. Er wusste, dass Siegfried Gerlach bald in Pension gehen würde, und fragte mich, ob ich das Sekretariat der Werner Siemens-Stiftung übernehmen möchte. Es reizte mich, mit 57 Jahren nochmals eine neue Herausforderung anzunehmen. Ich gehe dabei sozusagen zurück zu den Wurzeln: vom Grosskonzern wieder in eine kleine Unternehmung, wo ich alle Aufgaben eines Sekretariats selbst erledige – bis zum Postgang. Jetzt kann ich die Familie Siemens und die Geschichte des Unternehmens noch besser kennenlernen. Es ist beeindruckend, wie früh die Firmengründer soziale Errungenschaften wie geregelte Arbeitszeiten und Gesundheitszentren einführten. Zudem geniesse ich es, bei der Werner Siemens-Stiftung nochmals in eine neue Welt einzutauchen – die Welt der Wissenschaft. So viele wertvolle, nutzbringende Projekte aus den verschiedensten Fachrichtungen unterstützen zu können, ist eine tolle Aufgabe. Um nur ein Beispiel zu nennen: Die Forschungsjacht «Seibold» beeindruckt mich sehr.

Impressum

Herausgeberin
Werner Siemens-Stiftung
Guthirthof 6
6300 Zug
Schweiz
www.wernersiemens-stiftung.ch

Konzeption
Brigitt Blöchlinger, Zürich
bigfish AG, Aarau

Gestaltung, Illustrationen
bigfish AG, Aarau

Projektleitung und Redaktion
Brigitt Blöchlinger, Zürich

Produktion
Christine Schnapp, Zürich

Texte, Reportagen
Adrian Ritter, Baden
S. 41–60, 86–87, 110–111

Brigitt Blöchlinger, Zürich
S. 23–38, 76–79, 80–81, 82–85, 100–101, 104–107

Sabine Witt, Zürich
S. 63–74, 94–95

Andres Eberhard, Zürich
S. 92–93, 98–99

Bernhard Bircher-Suits, Zürich
S. 88–91, 96–97

Fotografie
Felix Wey, Fotostudio, Baden:
S. 2–3, 6–10, 12–13, 24, 27–30, 32, 35–36, 42, 45–46, 48–51, 53–58, 87, 92, 95, 98, 111
Die fotografierten Zähne wurden freundlicherweise vom Institute of Evolutionary Medicine der Universität Zürich zur Verfügung gestellt: S. 3, 42

Brüderli Longhini Fotografie, Zürich:
S. 4–5, 64, 67, 69–72, 88, 90–91, 97
Der Beichtstuhl durfte mit freundlicher Genehmigung des Benediktinerklosters Mariastein, Schweiz, fotografiert werden: S. 64

Andreas Battenberg, München: S. 77–79

Innovationszentrum für Tiefsee-Umweltüberwachung, Bremen: S. 80

Max-Planck-Institut für Chemie, Mainz:
Dom Jack: S. 11, 83 oben
Petra Maass: S. 83 unten, 84 unten, 85
Gerald Haug: S. 84 oben

Zur Verfügung gestellt: S. 100

Siemens Historical Institute, Berlin: S. 105

Siemens Historical Institute, Berlin;
Foto: Yvonne Gross, Berlin: S. 107

Korrektorat, Lektorat
Petra Jäger, Zürich

Druckerei
Kasimir Meyer AG, Wohlen

© Werner Siemens-Stiftung, 2019