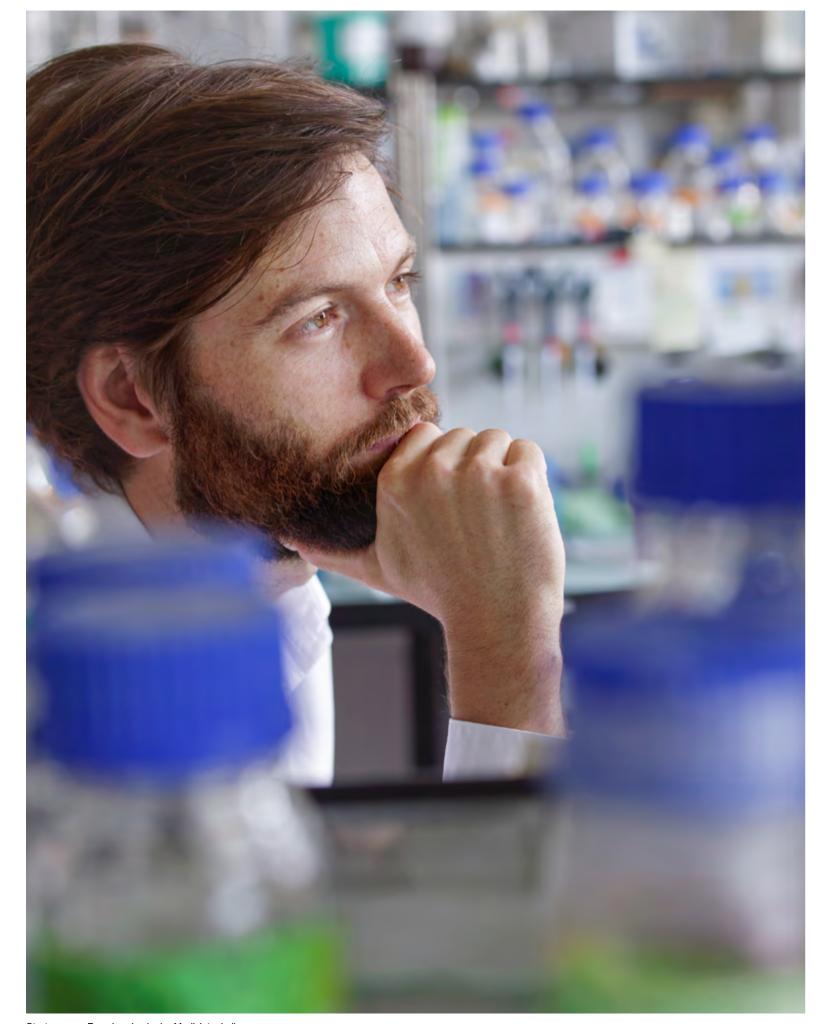


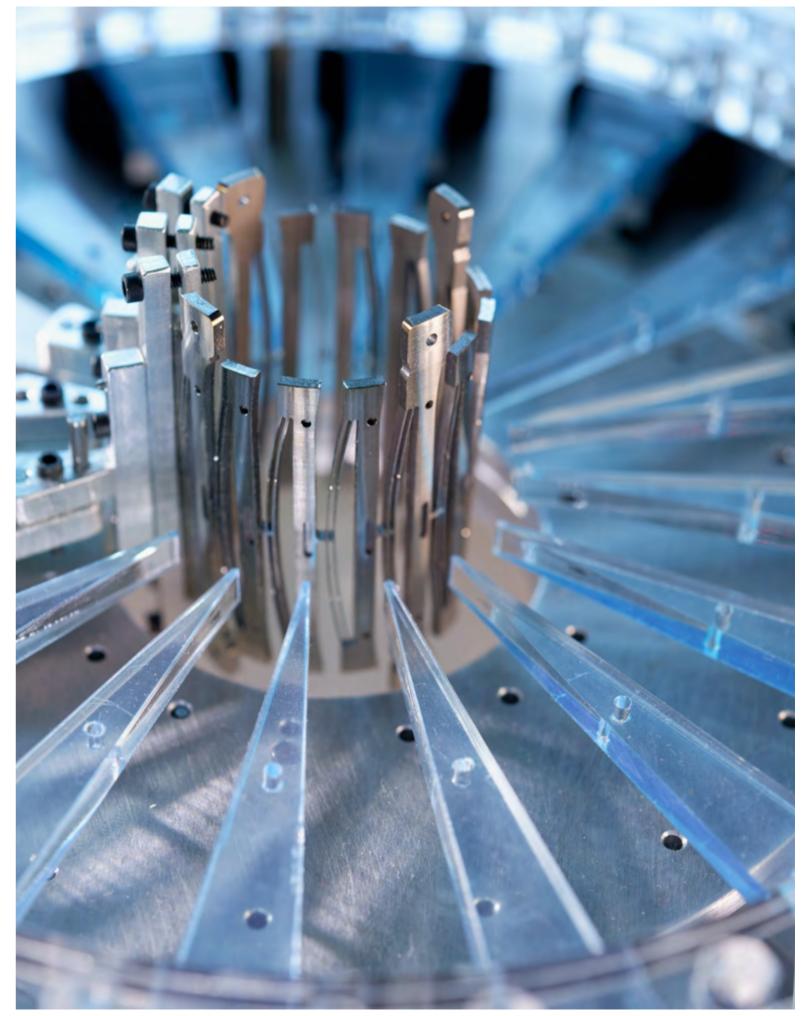
# Was wir fördern

Report 2018

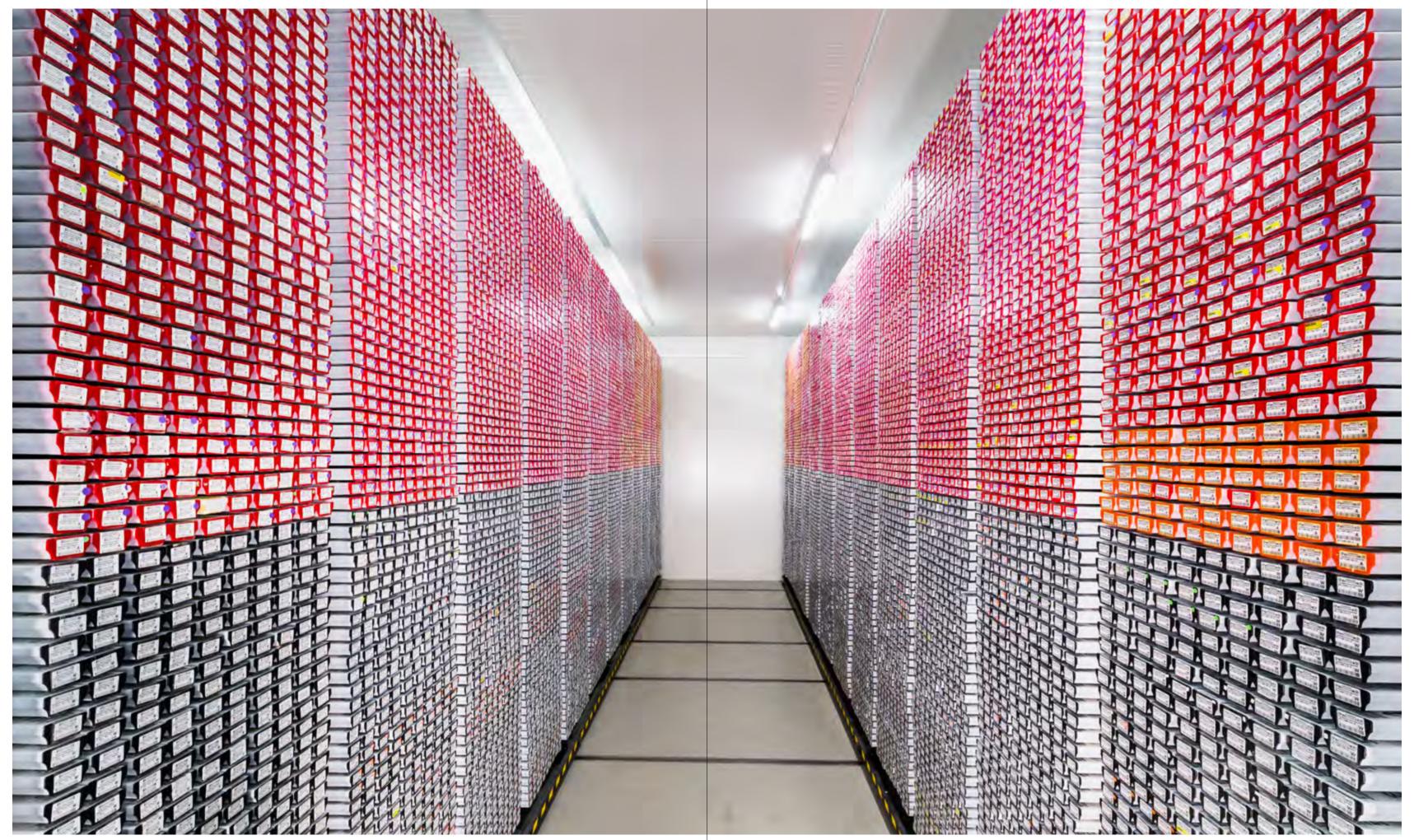




Start-ups von Forschenden in der Medizintechnik

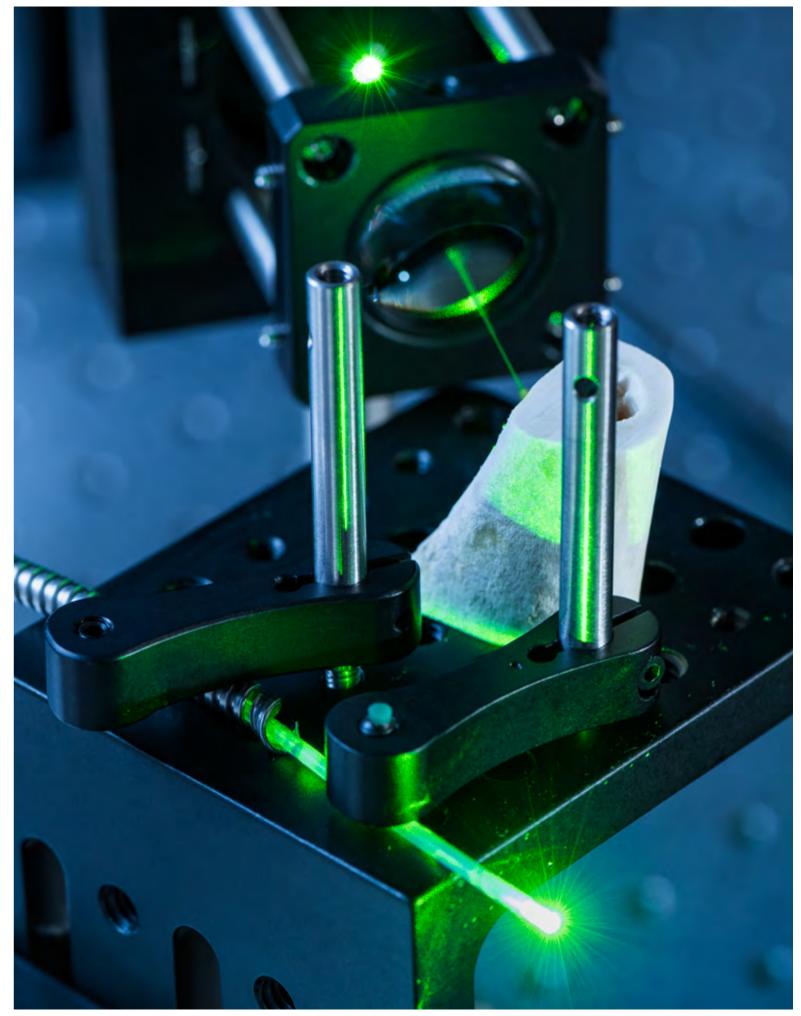


Die Entwicklung künstlicher Muskeln









Knochen minimalinvasiv operieren - mit Laser





Die Entwicklung künstlicher Muskeln

# 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

Im Jahr 2017 dokumentierten wir zum ersten Mal in einem professionellen und werthaltigen Report die Projekte, die wir aktuell unterstützen. Mit grosser Freude verschickten wir die ersten Exemplare nach Neujahr und waren gespannt auf die Rückmeldungen der Nachkommen der Siemens-Familien an der Jahresversammlung Ende Januar 2018. Das zahlreiche positive Feedback zeigte uns, dass wir auf dem richtigen Weg sind. «Sehr schön und informativ», «Gibt einen eindrücklichen Einblick in die Stiftungstätigkeit» und «Nun verstehen wir besser, was genau die Stiftung unterstützt», so lauteten die meisten Kommentare. Auch die geförderten Forscher und Forscherinnen an Hochschulen und Universitäten in Deutschland und in der Schweiz

waren sehr zufrieden, wie umfassend und verständlich ihre Projekte im Report 2017 dargestellt wurden.

Das hat uns überzeugt, auch in Zukunft jedes Jahr einen Report zu unserer philanthropischen Tätigkeit herauszugeben. Welche vielversprechenden innovativen Projekte die Werner Siemens-Stiftung im Jahr 2018 unterstützt hat, erfahren Sie in der vorliegenden Ausgabe. Das Themenspektrum ist auch diesmal breit: Es reicht von der Tiefseeforschung über künstliche Muskeln bis hin zur Förderung von Start-ups in der Medizintechnik und einem Mentoring-Programm für technikbegeisterte Mädchen.

Die fortschreitende Digitalisierung der Arbeitswelt geht auch an der Werner Siemens-Stiftung nicht vorbei. Zwar müssen wir (noch) nicht Big Data bewältigen, doch kommen auch bei unserer Unterstützungstätigkeit eine Menge Daten zusammen. Deshalb haben wir unsere Website www.wernersiemens-stiftung.ch einem Redesign unterzogen und dabei ein Online-Eingabe-Tool für Projekt-anträge integriert. Die Forschenden können nun ihre Anfrage um Projekt-unterstützung online einreichen. Das ist nicht nur für sie eine Erleichterung, sondern wird auch unseren Bearbeitungsaufwand verringern.

Ein weiteres Highlight im 2018 war eine Reise von rund neunzig Familienmitgliedern nach St. Petersburg. Nicht nur die zahlreichen Sehenswürdigkeiten standen auf dem Programm, sondern die Familie wandelte auch auf den Spuren von Carl von Siemens. Vor dem Siemens-Gasturbinenwerk (SGTT) wurde im Beisein der Familie in einer feierlichen Zeremonie die Statue von Carl von Siemens enthüllt. Ein Foto davon finden Sie auf unserer neuen Website unter dem Link «Aktuell».

Wir wünschen Ihnen eine anregende und informative Lektüre – online und auf Papier!

Gerd von Brandenstein Vorsitzender des Stiftungsrats der Werner Siemens-Stiftung

### Inhalt

Was wir fördern

- Innovationen in Technik und Naturwissenschaften
- <sup>16</sup> Vorwort

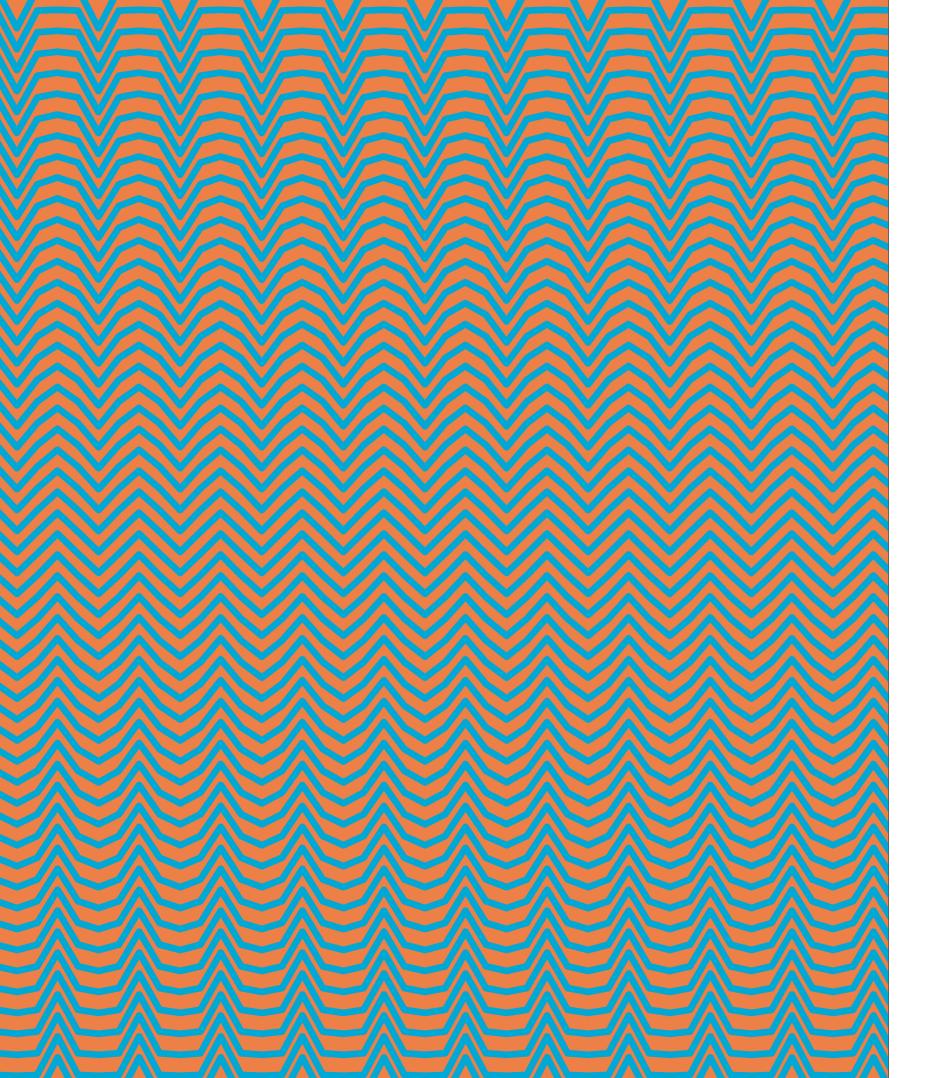
Unterstützte Projekte

- <sup>23</sup> Künstliche Muskeln
- 39 Schutz der Tiefsee
- <sup>61</sup> Mädchen mit Technik-Power
- <sup>79</sup> Aus dem Labor in den Markt
- <sup>96</sup> Virtual Reality im Spital
- <sup>100</sup> Verdufte, Schädling!
- <sup>104</sup> Aus Erdwärme wird Strom
- <sup>106</sup> Fulminanter Atomschalter
- <sup>108</sup> Gedankenwandern
- <sup>110</sup> «Seibold» voll auf Kurs

Wer wir sind

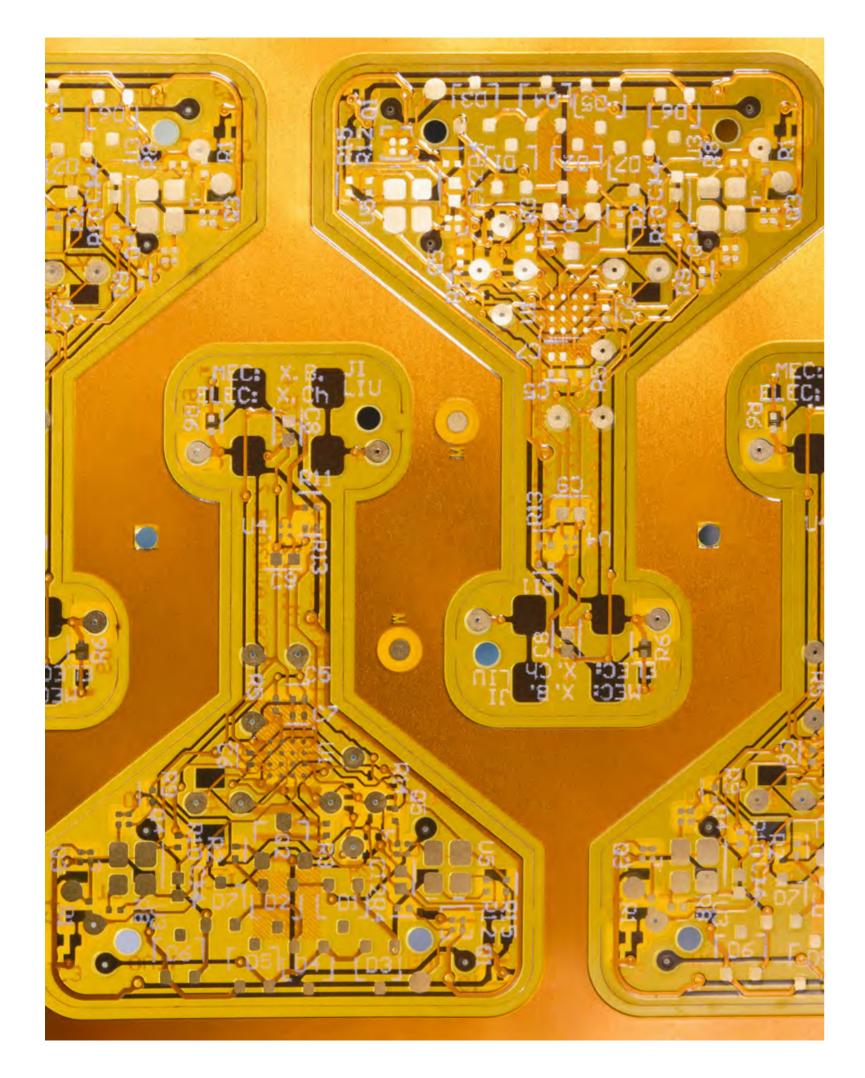
- 114 Globale Firma mit Familiensinn
- <sup>118</sup> Die Gremien
- <sup>119</sup> Vergabeprozess
- <sup>120</sup> Drei Fragen an Christina Ezrahi
- <sup>122</sup> Impressum

# Unterstützte Projekte



## Künstliche Muskeln

Zentrum für künstliche Muskeln, Neuenburg, Schweiz



Verheissungsvoll golden und wunderschön strukturiert sieht die elektronische Leiterplatte aus. Die Platine ist eine Eigenentwicklung, die das Team um Mikroingenieur Yves Perriard akribisch perfektioniert hat. Und sie ist ein wichtiger Schritt auf dem Weg zu künstlichen Muskeln!

### Ein Muskel, der am Herzen liegt

Es wäre eine grosse Hilfe für Patientinnen und Patienten mit Herzschwäche: Ein Ring um die Aorta soll helfen, genügend Blut in den Körper zu pumpen. An dieser Weltneuheit forscht das Zentrum für künstliche Muskeln in Neuenburg – finanziert von der Werner Siemens-Stiftung.



Der Mikroingenieur Yves Perriard hatte die innovative Idee, strombetriebene künstliche Muskeln herzustellen. Er leitet das Zentrum für künstliche Muskeln in Neuenburg (Schweiz), dessen Aufbau die Werner Siemens-Stiftung finanziert.

Die Luft bleibt weg, man fühlt sich müde und ausgepumpt – und das im wahrsten Sinne des Wortes: Das Herz von Patienten mit Herzschwäche – auch Herzinsuffizienz genannt – vermag nicht mehr genügend Blut in den Körper zu pumpen. Bis zu 200 000 Personen sind in der Schweiz davon betroffen, vor allem ältere Menschen. Meist ist es eine Erkrankung der Herzkranzgefässe, die den Herzmuskel schwächt.

Mehr Muskelkraft für das Herz ist deshalb gefragt. Genau dies ist eines der Ziele der Forschung am neuen «Zentrum für künstliche Muskeln» (CAM) in Neuenburg. Das CAM ist Teil der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Lausanne und wurde Anfang 2018 gegründet. Finanziert wird es von der Werner Siemens-Stiftung.

### Forscher mit Erfahrung

Direktor des Zentrums ist der 53-jährige Mikroingenieur Professor Yves Perriard. Das Thema liegt ihm buchstäblich am Herzen: Vor einigen Jahren musste er sich wegen eines Herzklappenfehlers einer Operation unterziehen.

Schon seit seiner Dissertation forscht er an technischen Systemen, die das Herz unterstützen. Dazu zählen so genannte Ventricular Assist Devices (VAD) wie Pumpen, aber auch Kunstherzen. Yves Perriard kennt die gravierenden Nachteile der bisherigen Systeme: Die Pumpen müssen in einer Operation ins Herz eingesetzt werden und kommen mit dem Blut in Kontakt. Das erhöht das Risiko von Infektionen und Thrombosen.

Das 10-köpfige Team am Zentrum für künstliche Muskeln in Neuenburg verfolgt einen völlig neuen Ansatz, um

Menschen mit Herzschwäche zu helfen. Ihr ambitioniertes Ziel: künstliche Muskeln herstellen, die die Pumpleistung des Herzmuskels unterstützen. Die Mikroingenieure entwickeln derzeit eine elastische Membran, die als Ring mit einem Durchmesser von rund 2,5 Zentimetern um die Aorta gelegt werden kann. Ein elektrischer Impuls wird bewirken, dass sich der Ring zusammenzieht und ausdehnt und so die Aorta unterstützt, Blut durch den Körper zu pumpen. Der grosse Vorteil: Der Eingriff, um den künstlichen Muskel um die Aorta zu legen, ist deutlich schonender als eine eigentliche Herzoperation. Zudem wird der Ring keinen Kontakt mit dem Blut haben.

### Das Herz - ein starker Muskel

«Unsere grösste Herausforderung ist es, die nötige Pumpleistung zu erzeugen. Denn das Herz ist ein starker Muskel», sagt CAM-Direktor Yves Perriard. Rund ein Watt muss der Ring leisten können, um täglich mehr als 7000 Liter Blut durch den Körper zu pumpen. Zur Unterstützung platzieren die Forschenden deshalb zusätzlich eine Feder aus Titan um den Ring. Diese wurde eigens für das Projekt in einem Unternehmen in Neuenburg entwickelt und zum Patent angemeldet. Die Feder wird für zusätzliche Spannung sorgen, um den nötigen Druck auf das Blutgefäss zu erzeugen. Eventuell werden auch mehrere Ringe um die Aorta nötig sein, um die angestrebte Pumpleistung zu erreichen.

Die Anforderungen an den künstlichen Muskel sind hoch: Der Ring muss stark und sehr elastisch sein und darf im Körper keine Abstossungsreaktion auslösen; er muss also biokompatibel sein. Welches Material weist alle diese

Eigenschaften auf? Das Team um Yves Perriard ist bei elektroaktiven Polymeren fündig geworden – einer Form von Kunststoff.

### Enorme Leistung gefragt

Um auf das nötige Watt Leistung zu kommen, müssen die Forschenden ein neues, spezifisches Polymer entwickeln. Wie soll es chemisch genau zusammengesetzt sein? Wie dick muss es sein? Um dies herauszufinden, kreiert das Team um Yves Perriard und CAM-Geschäftsführer Yoan Civet derzeit im Reinraum verschiedene Membrane. Diese unterziehen sie anschliessend mehreren Tests. So muss der Ring um die Aorta zum Beispiel eine Stromspannung von mindestens 3000 bis 5000 Volt aushalten. Ja, das sind mehr als die 220 Volt aus unseren Steckdosen. Aber keine Sorge: Der künstliche Muskel wird komplett elektrisch isoliert sein und für die Patienten keine Gefahr darstellen.

### Strom dank magnetischer Induktion

Für die Stromübertragung werden keine Kabel nötig sein. Als Stromquelle dient eine 12- oder 24-Volt-Batterie, die ausserhalb des Körpers platziert wird – beispielsweise am Gürtel. Die nötige höhere Stromspannung wird mittels magnetischer Induktion erzeugt: Eine Spule wird unter Strom gesetzt und erzeugt dadurch ein Magnetfeld; dann wird eine zweite Spule in dieses Feld platziert, wodurch sich der Strom auf die zweite Spule überträgt. Nach diesem Prinzip funktioniert heute bereits das kontaktlose Aufladen der neuesten Generation von Mobiltelefonen. Und so soll auch der Aorta-Ring die nötige Stromversorgung

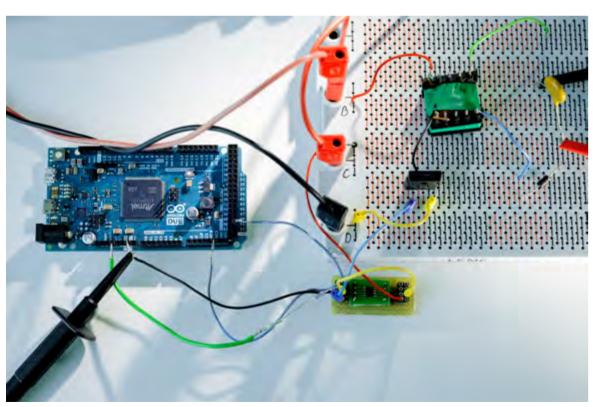
erhalten, wobei die zweite Spule innerhalb des Körpers platziert sein wird.

Der Aorta-Ring soll aber nicht nur Blut durch den Körper pumpen, sondern sich auch als Sensor nutzen lassen. Die Vision der Forschenden: Das Polymer wird unter anderem den Blutdruck in der Aorta messen, den Druck auf das Blutgefäss entsprechend anpassen und das Pumpen auch mit dem Herzschlag synchronisieren.

### Präzision aus dem Jura

Ambitionierte Ziele, die zu verfolgen Yves Perriard der richtige Mann ist. Er ist seit 2003 Direktor des Integrated Actuator Laboratory (LAI) innerhalb des Instituts für Mikrotechnologie der ETH Lausanne. Das LAI ist darauf spezialisiert, elektrische Energie in mechanische Bewegung umzuwandeln. Die Forschenden nennen diese Motoren im Kleinstformat «Aktuatoren». In der Vergangenheit hat das LAI nicht nur an Systemen zur Herzunterstützung geforscht, sondern unter anderem auch an Insulinpumpen und chirurgischen Instrumenten.

Dass das Zentrum für künstliche Muskeln in Neuenburg angesiedelt ist, ist wohl kein Zufall. «In der Region Jura muss man niemandem erklären, was ein Mikrometer ist», sagt Yves Perriard lachend. Das präzise Arbeiten im Bereich der Tausendstel-Millimeter habe Tradition – in der Uhrenindustrie. Mit derselben Präzision wird heute in den Forschungsinstituten und Unternehmen der Bio- und Nanotechnologie in der Region gearbeitet. Das Herzstück dieser Aktivitäten ist die «Microcity» mitten in der Stadt Neuenburg. Dort arbeiten Forschende und Unternehmen



Damit überzeugte das Team von Yves Perriard die Werner Siemens-Stiftung: Mittels magnetischer Induktion wird eine Stromspannung von 5000 Volt erzeugt – und damit die Muskelmembran in Bewegung gesetzt.



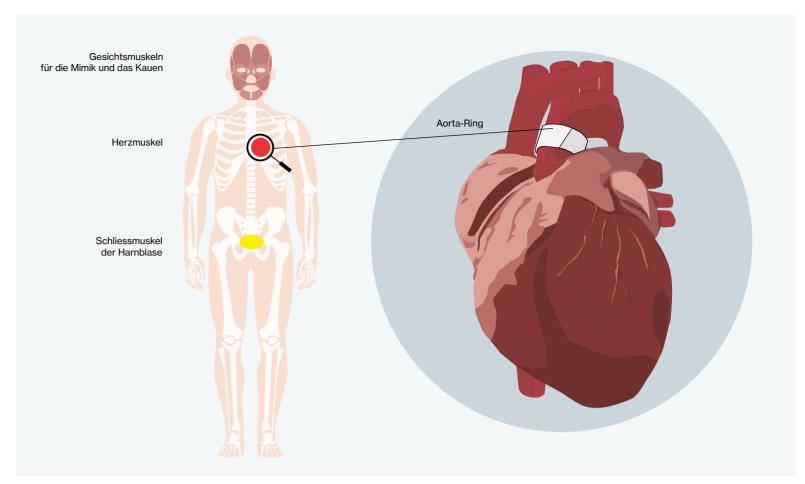
Der künstliche Muskel in einer ersten Rohform.







Präzises Arbeiten im Reinraum.



Geplante Anwendungen des künstlichen Muskels: zuerst als Unterstützung des Herzmuskels, später auch im Gesicht und bei der Harnblase.

– darunter zahlreiche Start-ups – an Fragestellungen der Mikrotechnologie. Auch das Forschungsteam von Yves Perriard ist dort einquartiert.

### Vorfreude in Bern

Vierzig Kilometer von Neuenburg entfernt freut sich eine Person ganz besonders auf die Neuentwicklung aus dem Zentrum für künstliche Muskeln: Thierry Carrel, der renommierte Herzchirurg und Direktor der Klinik für Herz- und Gefässchirurgie am Inselspital Bern. Er wird den Aorta-Ring ab 2022 klinisch testen (siehe Interview Seite 32). Bevor es soweit ist, wird die neue Entwicklung in einem Silikonmodell einer Aorta und im Tierversuch erprobt. Diese Aufgabe übernimmt Dominik Obrist, Professor für Biofluidmechanik und kardiovaskuläre Technik an der Universität Bern.

### Künstlicher Schliessmuskel

Die künstlichen Muskeln aus dem Neuenburger Labor sollen nicht nur müden Herzen helfen. Das Team möchte einen vielfältig nutzbaren künstlichen Muskel entwickeln, der an verschiedenen Stellen im menschlichen Körper eingesetzt werden kann. Das wäre ein grosser Schritt für die Medizin. Denn Prothesen für Knochen und Gelenke gibt es schon lange, künstliche Muskeln noch nicht.

Die Werner Siemens-Stiftung unterstützt die Forschung dazu von 2018 bis 2029. In diesem Zeitraum wird das CAM-Team zwei weitere Anwendungen für den künstlichen Muskel entwickeln. Erstens einen künstlichen Schliessmuskel für die Harnblase – dadurch könnten Menschen mit Inkontinenz den Abgang des Urins wieder kontrollieren.

### Die Mimik zurückgeben

Zweitens soll der künstliche Muskel Menschen nach einem Unfall oder einer Brandverletzung die Kaufunktion und Mimik im Gesicht zurückgeben. Der künstliche Muskel wird dabei nicht die Form eines Rings, sondern einer platzsparenden flachen Membran haben. Bei diesem Teilprojekt erwartet die Forschenden eine besondere Herausforderung: Im Gesicht ist es sinnvoll, den künstlichen Muskel mit den Nerven des Patienten zu verbinden - damit die Muskelbewegungen möglichst natürlich wirken. Dazu wird Yves Perriard mit Professorin Nicole Lindenblatt von der Klinik für Plastische Chirurgie und Handchirurgie des Universitätsspitals Zürich zusammenarbeiten. - Man sieht: Für die Entwicklung künstlicher Muskeln ist ein äusserst multidisziplinäres Team von Spezialistinnen und Spezialisten aus der Mikrotechnologie, Materialwissenschaft, Biomedizin und Chirurgie nötig.

### Auf dem Weg zur Weltneuheit

Als erste sollen Patientinnen und Patienten mit Herzschwäche von der Innovation aus dem CAM profitieren können. Ein Herzunterstützungssystem, das um die Aorta gelegt wird – es wäre eine Weltneuheit. Mit Yves Perriard und Thierry Carrel hat sich ein eingespieltes Duo der Aufgabe angenommen. Die beiden stehen seit zehn Jahren im fachlichen Austausch. Kennengelernt haben sie sich am Inselspital Bern: Thierry Carrel hatte Yves Perriard erfolgreich am Herzen operiert.

### «Es wäre ein Durchbruch für die Herzmedizin»

Der renommierte Schweizer Herzchirurg Thierry Carrel wird den künstlichen Muskel dereinst testen. Er kann sich durchaus vorstellen. dass der Ring um die Aorta bei Patientinnen und Patienten mit leichter Herzschwäche dazu führen wird, dass sich deren Herz wieder erholt.

Thierry Carrel, Sie werden den künstlichen Muskel für Patientinnen und Patienten mit Herzschwäche klinisch testen. Was hat Sie überzeugt, bei diesem Projekt mitzumachen?

Thierry Carrel: Die Idee, eine Art Muskelring um die Aorta zu legen, ist sehr kreativ. Die Forschenden um Yves Perriard denken in völlig neuen Bahnen, das gefällt mir. Ihre Entwicklung wäre ein Durchbruch für die Herzmedizin. Das wäre umso erfreulicher, als die Zahl der Patienten mit Herzschwäche aufgrund der steigenden Lebenserwartung bereits stark zugenommen hat und noch viel stärker zunehmen wird. Der künstliche Muskel würde die Behandlung von Herzschwäche um eine wertvolle Option erweitern.

Wie sieht die Behandlung heute aus? Patientinnen und Patienten mit Herzschwäche werden heute vor allem mit Medikamenten behandelt. Wird das Herz zu schwach, kommen verschiedene Systeme der Herzunterstützung in Frage: Pumpen, welche die linke oder ausnahmsweise beide Herzkammern ersetzen, oder als letzte Nachteile. Die Medikamente haben nen sind grössere operative Eingriffe, die gerade für ältere Patienten nicht gefahrlos sind. Zudem wissen wir alle: Es fehlt an Spenderherzen.

Für welche Patienten würde sich der neuartige künstliche Muskel eignen? Wir hätten mit dem Aorta-Ring eine weitere Möglichkeit, das Herz zu unterstützen, statt es zu ersetzen. Der Ring könnte sich sowohl für Patienten eignen, die heute mit Medikamenten behandelt werden, als auch für gewisse Patienten, die ein Herzunterstützungssystem benötigen. Besonders vielversprechend scheint mir der künstliche Muskel für Patienten, deren Herz noch nicht zu stark geschwächt ist. Wenn das Herz früh genug damit unterstützt wird, könnte es sich im besten Fall sogar wieder erholen - und der Ring nach einer gewissen Zeit wieder entfernt werden. Herzschwäche könnte ins noch höhere Lebensalter verdrängt Option eine Herztransplantation. Diese werden. Die entscheidende Frage für

Behandlungen haben allerdings grosse Nebenwirkungen und helfen vor allem bei leichter Herzschwäche. Herzunterstützungssysteme und Transplantatio-



die klinische Anwendung wird sein: Wie viel Pumpleistung wird der künstliche Muskel zustande bringen?

### Worauf hoffen Sie?

Wenn der künstliche Muskel einen Drittel bis die Hälfte der Herzleistung zu leisten vermag und wir das Herz entsprechend in diesem Umfang entlasten können, wäre das schon sehr gut.

Wie würde die Operation aussehen, um den Ring um die Aorta zu platzieren? Ganz genau lässt sich das noch nicht sagen, denn es hängt auch davon ab, ob die Stromversorgung für den Muskelring innerhalb oder ausserhalb des Körpers platziert wird. Der Aorta-Ring selbst benötigt keine grosse Operation – ganz im Unterschied zu einer herkömmlichen Herzoperation. Die Aorta liegt gleich hinter dem Brustbein. Es wird vermutlich reichen, einen Drittel bis die Hälfte des Brustbeins zu öffnen. Die Membran und die Titanfeder würden um die Aorta gelegt und dann zu einem Ring verschlossen. Falls nötig, wird man mehr als einen Ring platzieren, um die nötige Pumpleistung zu erreichen.

### Was wären die Vorteile der neuen Methode?

Ein grosser Vorteil besteht darin, dass der künstliche Muskel nicht Teil des Kreislaufsystems sein wird. Die Anforderungen an die Biokompatibilität und die Risiken sind deshalb weit geringer als etwa bei einer heutigen Herzpumpe - Stichwort: Thrombosen und Infektionen. So wird es auch nicht nötig sein, dass Patienten mit einem Aorta-Ring Medikamente wie Blutverdünner einnehmen. Aus all diesen Gründen ist der künstliche Muskel eine erfreulich sanfte, wenig invasive Behandlung.

Die Polymer-Membran soll auch als Schliessmuskel für die Harnblase und als kleiner Muskel im Gesicht - etwa bei Lähmungen nach einem Schlaganfall verwendet werden. Wäre es denkbar, dass die künstlichen Muskeln noch bei anderen gesundheitlichen Problemen helfen könnten?

Das ist nicht ausgeschlossen. Entscheidend wird auch hier sein, wie viel Leistung sich mit künstlichen Muskeln erzeugen lässt. Vielleicht könnten künstliche Muskeln eines Tages Patienten mit degenerativen Muskel-

erkrankungen oder einer halbseitigen Lähmung helfen, länger selbstständig zu bleiben. Ich kann mir durchaus vorstellen, dass das Team von Yves Perriard auch von Medizinern aus anderen Fachbereichen kontaktiert wird, wenn sie die ersten Ergebnisse ihrer Forschung und Entwicklung publizieren. Plötzlich wird man vielleicht Anwendungen sehen, die wir uns heute noch nicht vorstellen können.

Alles in allem, wie zuversichtlich sind Sie? In der Medizin sind in den letzten Jahrzehnten neue Möglichkeiten der Diagnose und Therapie entstanden, von denen ich nie geträumt hätte neue Systeme von künstlichen Herzklappen beispielsweise. Wir wissen nicht, wo die Medizin in zwanzig Jahren stehen wird. Big Data, Stammzellen, Chips und Sensoren vielleicht wird es uns Ärzte kaum noch brauchen...

Sicher ist: Das Team am Zentrum für künstliche Muskeln denkt enorm innovativ. Es ist eine Freude, dass solches nicht nur im Silicon Valley zu finden ist.



Diskussion im Team, welches Material alle Anforderungen an einen künstlichen Muskel erfüllt.

### Zahlen und Fakten

Projekt

Die ETH Lausanne, das Inselspital Bern und das Universitätsspital Zürich entwickeln einen künstlichen Muskel, der mit Strom betrieben wird.

Unterstützung

Die Werner Siemens-Stiftung finanziert den Aufbau des Zentrums für künstliche Muskeln (CAM) in Neuenburg, Schweiz.

Mittel der Werner Siemens-Stiftung
12 Mio. Schweizer Franken

Projektdauer 2018–2029

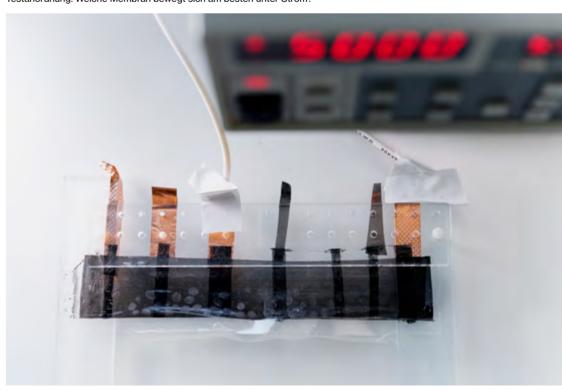
Leitung

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

Partne

Prof. Dr. Thierry Carrel, Klinik für Herzund Gefässchirurgie, Inselspital Bern Prof. Dr. Dominik Obrist, ARTORG Center for Biomedical Engineering Research, Universität Bern Prof. Dr. Nicole Lindenblatt, Klink für Plastische Chirurgie und Handchirurgie, Universitätsspital Zürich

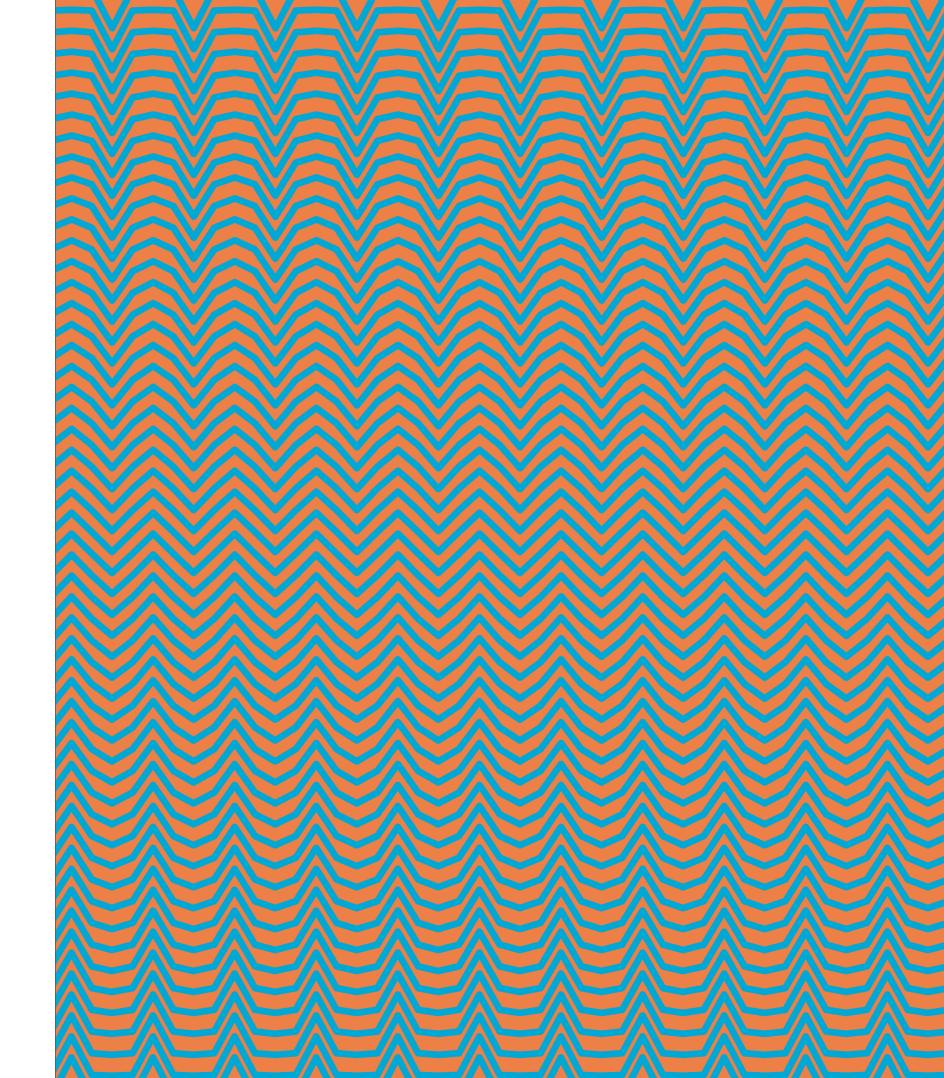
Testanordnung: Welche Membran bewegt sich am besten unter Strom?

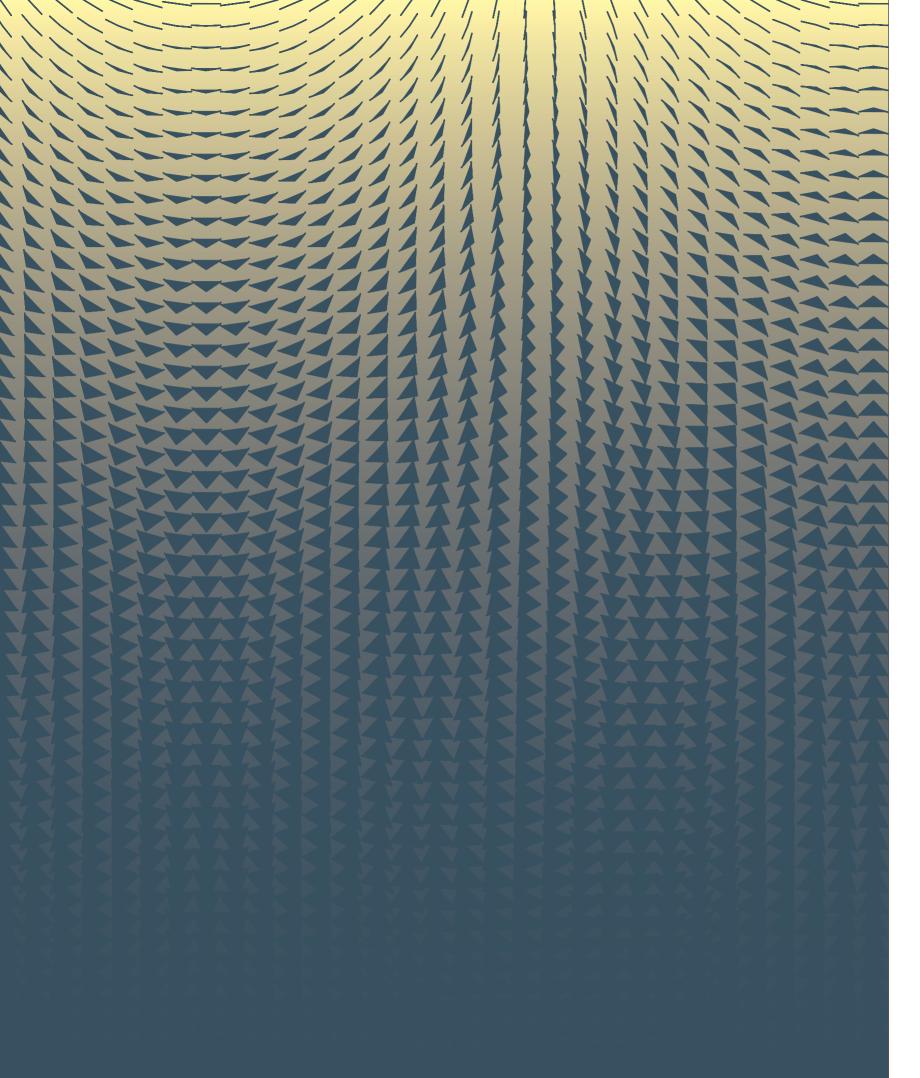


### erfinderisch vernetzt hilfreich

### Innovation

Die Werner Siemens-Stiftung finanziert den Aufbau des Zentrums für künstliche Muskeln, denn es geht das verbreitete medizinische Problem der Herzinsuffizienz hochgradig innovativ an: mit der universitätsübergreifenden Entwicklung eines künstlichen Muskels, der das Herz von aussen unterstützt.





# Schutz der Tiefsee

Innovationszentrum für Tiefsee-Umweltüberwachung



Noch schwebt die Tiefseemeduse gemächlich und unberührt im Südatlantik in 2900 Metern Tiefe. Doch mit ihrer Ruhe könnte es bald vorbei sein. Zahlreiche Länder streben danach, wertvolle Rohstoffe in der Tiefsee abzubauen. Damit werden sie in ein weitgehend unbekanntes Ökosystem eingreifen – und möglicherweise Schäden anrichten, die sich auf die ganze Erde auswirken könnten.



Erst ein winziger Bruchteil der Tiefsee ist erforscht – Krabben, Garnelen und Muscheln in einer Bartwurmkolonie in 3100 Metern Wassertiefe im Atlantik vor Westafrika.

### Marine Rohstoffe

Unberührt vom Menschen hat sich die Tiefsee über Jahrmillionen zu einem aussergewöhnlichen und bedeutenden Ökosystem entwickelt. Doch in den kommenden Jahren wollen zahlreiche Länder und Konzerne die Schätze heben, die in der Tiefsee schlummern. Das von der Werner Siemens-Stiftung finanzierte Innovationszentrum für Tiefsee-Umweltüberwachung am MARUM an der Universität Bremen will dazu beitragen, dass der Abbau am Meeresboden nicht die gleichen verheerenden Schäden anrichtet wie der Bergbau an Land.

Als Tiefsee bezeichnet man Meerestiefen ab 200 Metern (die durchschnittliche Tiefe aller Meere beträgt 3700 Meter). Für die Tiefsee trifft nicht zu, dass es auf der Erde nichts mehr zu entdecken gäbe. Im Gegenteil. Über 90 Prozent des Meeresbodens ist unbekannt. Doch die wenigen Gebiete, die man in der Tiefsee ausgekundschaftet hat, wecken Begehrlichkeiten. Weil dort Kupfer, Zink, Kobalt, Seltene Erden, Gold und Silber in grossen Mengen entdeckt wurden. Die Nachfrage nach diesen Metallen ist gross, da man sie für Smartphones, Akkus, LEDs, Plasmabildschirme, Elektromotoren, Solarpaneelen, Windturbinen, Halbleitertechnik und andere Annehmlichkeiten unserer Zeit braucht.

Aktuell interessieren sich 29 Nationen und Privatunternehmen für die wertvollen Rohstoffe. Den ersten Schritt haben sie bereits geschafft: Sie halten Erkundungslizenzen. Am weitesten ist die Firma Nautilus Minerals Inc., deren Mehrheitsaktionäre ein omanischer und ein russischer Milliardär sind. Nautilus Minerals plant, 2019 mit dem Tiefseebergbau zu beginnen. Aber auch China, Japan, Indien, Russland, Brasilien sowie EU-Länder wie Frankreich, Deutschland, Belgien, Grossbritannien und Polen haben Erkundungslizenzen für vielversprechende Meeresregionen zugesprochen bekommen.

### Neue Gene aus dem Meer

Auch medizinische und pharmazeutische Unternehmen interessieren sich für die Tiefsee, sie hoffen auf nützliche neue Organismen und Gene. «Die Gen-Pools in der Tiefsee könnten sich sogar als interessanter und lukrativer herausstellen, als Erze aus dem Meeresboden zu gewinnen», sagt

Professor Michael Schulz, der dem «MARUM – Zentrum für Marine Umweltwissenschaften» der Universität Bremen vorsteht.

Ein gutes Dutzend Medikamente, deren Wirksubstanzen aus der Meeresbiologie stammen, sind heute bereits zugelassen. In Zukunft rechnet man mit Tausenden. Die neuen, schnellen genetischen Screening-Verfahren haben die Suche nach nützlichen Substanzen aus dem Meer angeheizt. «Es gibt Fahrzeuge, die durchs Wasser gleiten und dabei DNA-Analysen machen», erzählt Michael Schulz. «Das sind völlig neue Entwicklungen, die derzeit stattfinden.»

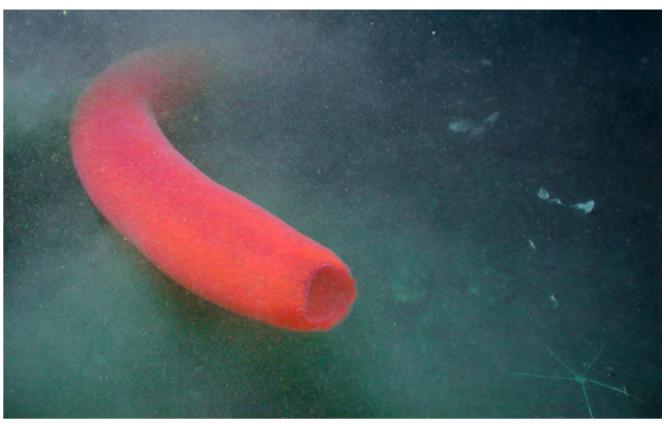
Ein Beispiel ist das US-amerikanische J. Craig Venter Institute, es unternimmt sogenannte Global-Ocean-Sampling-Expeditionen und durchforstet dabei das Erbgut tausender Meeresorganismen nach interessanten Genabschnitten.

### Erst erkunden, dann ausbeuten

Von der Erkundungslizenz zur Abbaulizenz ist der Weg zwar – zu Recht – weit, anspruchsvoll und teuer. Trotzdem dauert das weltweite Seilziehen um die marinen Ressourcen an. Vielleicht braucht es noch ein, vielleicht zehn Jahre, bis der erste Konzern mit dem Abbau beginnt. Doch sobald die Unternehmen die begehrten Ressourcen aus der Tiefe holen dürfen, werden sie Schäden in unbekanntem Ausmass anrichten im weitgehend unbekannten Ökosystem Tiefsee. MARUM-Direktor Michael Schulz zum unüberlegten Heben der Tiefseeschätze: «Es wäre unklug, wertvolle Tiefseeökosysteme durch den Abbau zu zerstören und erst danach ihren wahren Wert für die Erde zu erkennen.»

### Leben der besonderen Art

In der Tiefsee findet man Lebensformen, die man nicht für möglich halten würde. Ihre Rolle im Gesamtsystem Erde ist noch weitgehend unerforscht. Ihre grosse Bedeutung hingegen ist klar.



Feuerwalze: eine Kolonie von Millionen von Manteltierchen, im Ostpazifik in 1530 Metern Tiefe

In der Mitte des Atlantiks tritt reiner Wasserstoff aus. Ein internationales Team von Meeresforschenden überlegte, ob Leben dort grundsätzlich möglich wäre. Sie machten sich mit «Wasserstoff-Schnüfflern» auf den Weg, um die Frage zu klären, und stiessen auf Muscheln, in deren Darm Bakterien lebten, die den Wasserstoff oxidierten. Die Bakterien veratmeten Wasserstoff statt Sauerstoff!

Für MARUM-Direktor Michael Schulz der Universität Bremen ist das ein Paradebeispiel, wie man eine theoretische Aussage mit einem Tauchfahrzeug in der Praxis prüfen und so völlig neue Erkenntnisse und Organismen finden kann. «Das lernt man in der Tiefsee: Es gibt viele mögliche Lebensgemeinschaften; zum Teil funktionieren sie grundsätzlich anders, zum Beispiel chemosynthetisch.» Diese Organismen oxidieren anorganische Stoffe aus dem Erdinnern wie Methan, Schwefelwasserstoff oder Wasserstoff, um zu leben.

### Leben unter Hochdruck

Die Tiefsee wirft die Frage nach den Grenzen des Lebens auf. Der Wasserdruck steigt alle zehn Meter Wassertiefe um ein Bar. In 1000 Metern Tiefe drückt auf jeden Quadratzentimeter ein Gewicht von 100 Kilogramm. Etwa ein Viertel des Meeresbodens liegt sogar tiefer als 5000 Meter. In die Tiefsee dringt auch kein Sonnenlicht, es ist stockdunkel. Und es ist kalt.

Trotz enormem Wasserdruck, Dunkelheit und Kälte existiert in der Tiefsee Leben bis in die grössten Tiefen. Wale tauchen bis 3000 Meter tief, Fische sogar bis 8000 Meter – weil es auch dort unten zu futtern gibt.

### Hitzeliebende Organismen

Die meisten ständigen Tiefseebewohner sind Weichtiere und Mikroorganismen. Reich besiedelt mit diesen Lebewesen sind die sogenannten Schwarzen und Weissen Raucher, das sind rauchende und heisses Wasser speiende Schlote auf vulkanisch aktivem Meeresboden. In diesem extremen Umfeld leben Garnelen, Schnecken und Krebse in ausgeklügelten Symbiosen mit Bakterien. Die Bakterien wandeln die im Wasser gelösten Schwefelwasserstoffe in Energie um. Auch dienen die Bakterien anderen Lebewesen als Nahrung. Gut 500 Arten von Lebenwesen kommen ausschliesslich bei Schwarzen Rauchern vor, sie gelten als besonders schutzbedürftig.

Noch extremer sind die Lebensformen im Innern des Meeresbodens. Dort steigt die Temperatur pro Kilometer Tiefe um 25 bis 30 Grad Celsius an. Trotz dieser scheinbar lebensfeindlichen Umstände fand man vor Japan zweieinhalb Kilometer tief im Meeresboden Mikroorganismen. Sie wurden vor 20 Millionen Jahren zusammen mit terrestrischen Pflanzenresten abgelagert und leben heute in bis zu 60 Grad Celsius warmen, kohlehaltigen Sedimenten. Wovon leben diese Organismen, und welche Umweltbedingungen können sie nicht mehr überleben? Man weiss es nicht.

### Wichtige Bakterien und Archaeen

Was man aber weiss: Zwischen dem mikrobiellen Leben (Bakterien, Archaeen) in dieser sogenannten tiefen Biosphäre und der festen Erde (Geosphäre) bestehen enge Wechselwirkungen. Sie beeinflussen den Stoffhaushalt des Meeresbodens und der Tiefsee, und damit möglicherweise nicht

nur die dort beheimateten vielfältigen Ökosysteme, sondern auch ganze Nahrungsnetze vom Plankton bis zum Fisch.

Auch am globalen Kohlenstoffkreislauf sind die Bakterien und Archaeen in der Tiefsee massgeblich beteiligt. Denn die in den Sedimenten der Ozeane lebenden Mikroorganismen ernähren sich vom Abbau organischer Substanzen – und davon hat es in der Tiefsee genug. Die Meeressedimente sind die grössten Kohlenstoffspeicher der Erde.

### Bleibende Schäden

Die Ökosysteme der Tiefsee sind wichtig – und sehr verwundbar. MARUM-Direktor Michael Schulz erklärt das am Beispiel eines Experiments, das deutsche Tiefseeforscher 1989 im Pazifik vor Peru durchführten: Sie pflügten den Meeresboden um, weil sie herausfinden wollten, wie sich das Graben auf die Umgebung auswirkt. Es stellte sich heraus, dass sich das mikrobielle Leben selbst 26 Jahre danach nicht vollständig erholt hatte und die Furchen im Meeresboden immer noch zu sehen waren. «In der Tiefe geht alles sehr, sehr langsam vor sich», erklärt Michael Schulz, «die Organismen haben viel weniger Nachkommen. das Leben funktioniert gleichsam in Slow Motion - angepasst an die Kälte, die Dunkelheit und den immensen Druck.» Deshalb regeneriert sich das Ökosystem Tiefsee nicht so einfach und schnell. «Es ist enorm wichtig, dass im Meer nicht der gleiche massive Eingriff erfolgt wie beim Bergbau an Land», betont Schulz.

### Hotspots für Lebewesen

Ein paar Stellen in der Tiefsee sind bereits bekannt als

besonders beliebt bei Lebewesen: die Hänge der Unterwasserberge, die Schwarzen und Weissen Raucher sowie die Manganknollen.

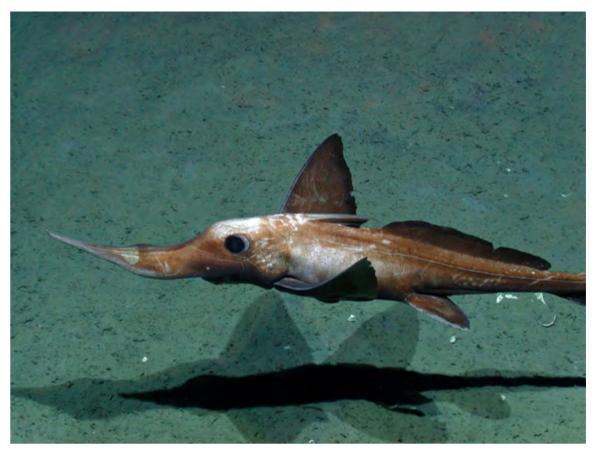
Eine «Volkszählung» in den Meeren (Census of Marine Life), die eine internationale Forschergemeinschaft durchgeführt hat, erfasste in der 7000 Kilometer langen Clarion-Clipperton-Bruchzone im Pazifik 240 000 Arten. Die Forschenden gehen aber von insgesamt mindestens einer Million Arten aus. Anemonen, Krebse, Muscheln, Krabben, Aale, Blobfische, Tiefseeflöhe, Kalmare, Kraken, Gorgonien, Schlangensterne, Seelilien, Seegurken, Tiefseegarnelen, Blaumäulchen, Bartwürmer, Schwämme, Kaltwasserkorallen und Schnecken bevölkern die Tiefsee ... und vermutlich hunderttausende weitere Arten, die man noch nicht entdeckt hat. Das reichhaltige Nahrungsangebot zieht auch grössere Fische wie Haie und Thunfische sowie Wale in die tieferen Meeresregionen.

### Tiefseebergbau schädigt

Der Tiefseebergbau wird die Biodiversität der Tiefsee direkt und indirekt schädigen. Direkt, weil er in kurzer Zeit Artengemeinschaften auslöscht, die sich über Jahrmillionen aufeinander eingestellt haben. Oft leben in der Tiefsee sehr viele verschiedene, seltene und zum Teil einzigartige Arten zusammen – von jeder Art gibt es häufig nur wenige Individuen, die ausserdem kaum mobil sind und sich nur sehr langsam fortpflanzen. Wird ihr Habitat zerstört, können sie nicht einfach «auswandern», weil sie für ihre Verbreitung ein ganz bestimmtes Netz von Lebensbedingungen brauchen. Solch vielfältige, aufeinander eingespielte Arten sind nicht







Langnasenchimäre im Arabischen Meer in 1975 Metern Wassertiefe.

einfach *nice to have*, sondern für das Gesamtsystem Erde wichtig. Funktionierende Ökosysteme liefern den Menschen sauberes Wasser, Nahrungsmittel, Rohstoffe, und sie stabilisieren das Klima.

Der Tiefseebergbau wird auch indirekten Schaden anrichten. Denn das Graben oder Saugen wirbelt Staubwolken auf. Die Staubwolken trüben das Wasser und breiten sich weit im Ozean aus. Sie gefährden die Schwämme, Korallen und Weichtiere, die auf klares Wasser und wenige organische Partikel eingestellt sind; im schlimmsten Fall ersticken die Wasser filtrierenden Tiefseelebewesen an den aufgewirbelten Partikeln.

Ausserdem setzt der Metallabbau im Meer Schwermetalle frei. Die abgebauten Metalle Kupfer, Zink, Mangan, Kobalt und Nickel sind in Wasser gelöst in hohen Konzentrationen toxisch. Die Verseuchung mit Schwermetallen ist eines der grössten Umweltrisiken des Metallbergbaus. Das verseuchte Wasser vergiftet als erstes die Fische, dann reichern sich die Schwermetalle entlang der Nahrungskette an und werden schlussendlich auch von den Menschen konsumiert.

### Umweltschutz in der Tiefsee

Welche Ökosysteme sind essenziell in der Tiefsee? Was darf der Tiefseebergbau unter keinen Umständen zerstören? Diese wichtigen Fragen will das Innovationszentrum für Tiefsee-Umweltüberwachung, das 2018 dank der Finanzierung der Werner Siemens-Stiftung am MARUM an der Universität Bremen eingerichtet werden konnte, klären. Es will dazu beitragen, die wichtigsten Parameter der Tiefsee besser zu erkennen, zu erforschen und die relevanten Ökosysteme zu identifizieren – um dann festlegen zu können, wie Umweltschutz im Tiefseebergbau aussehen muss

«Wir wollen herausfinden, was man tun muss, damit der Schaden, den der Tiefseebergbau verursacht, zumindest minimiert wird», umschreibt MARUM-Direktor Michael Schulz das Ziel. Denn Schaden wird es auf jeden Fall geben, ist der Meeresforscher überzeugt. «Manchmal hört man den Begriff grüner Tiefseebergbau» – doch das ist völliger Quatsch, das gibt es nicht», sagt Schulz. «Es wird Schäden geben in einem Ökosystem, von dem wir noch nicht einmal ansatzweise verstanden haben, wie es eigentlich funktioniert.»

# Was will wer wo?

Für die Ressourcen der Tiefsee interessieren sich knapp 30 Lizenznehmer. Wo gibt es was? Und wer möchte es haben? Eine kurze Übersicht.

### 1 Schwarze Raucher

An manchen Stellen in der Tiefsee ist der Meeresboden vulkanisch aktiv. Dort können sich sogenannte Schwarze Raucher bilden – das sind kleinere Schlote (auch Hydrothermalquellen genannt), aus denen durch Magma erhitztes Wasser austritt. Die Wasserfontänen haben eine schwarze Farbe wegen der zahlreichen Mineralien, die das 400 Grad heisse Wasser aus dem Vulkangestein ausgewaschen hat. Die Mineralien fällen im kalten Meerwasser aus und lagern sich bei den Schwarzen Rauchern ab. Die Ablagerungen werden Massivsulfide genannt, da sie aus Schwefelverbindungen (Sulfiden) bestehen. Sie weisen oft einen sehr hohen Metallgehalt auf: Gold und Silber, Kupfer, Blei, Zink, die Hochtechnologiemetalle Indium. Germanium, Wismut und Selen. Deshalb sind sie für den Tiefseebergbau wirtschaftlich interessant.

Zahlreiche Schwarze Raucher findet man auf den Mittelozeanischen Rücken, in tiefen Ozeanbecken (Backarc-Spreizungszonen) und bei vulkanischen Bögen. Dort gibt es vielfältiges Leben in einzigartigen Ökosystemen. Hydrothermalquellen werden deshalb auch als «Oasen» der Tiefsee bezeichnet.

### 2 Manganknollen

Manganknollen sind etwa kartoffelgrosse Steinklumpen, die sich auf dem lockeren Sedimentboden in 3000 bis 6000 Metern Meerestiefe bilden. Sie enthalten viel Mangan und wertvolle Elemente wie Gold, Eisen, Kobalt, Kupfer, Zink, Nickel, Titan sowie Spuren von Seltenen Elementen wie Molybdän oder Tellur. Für die Entstehung von Manganknollen braucht es spezielle Tiefseebakterien und sehr viel Zeit: In einer Million Jahre wächst eine Knolle nur um 0,2 bis 10 Zentimeter.

### 3 Polymetallische Krusten

Polymetallische Krusten lagern sich an untermeerischen Rücken und Bergen ab. Sie sind zwischen 2 und 26 Zentimeter dick und wachsen ebenfalls extrem langsam – in einer Million Jahre nur gerade 5 Millimeter. Sie enthalten Mangan, Kobalt, Nickel, Kupfer, Platin, Cer, Molybdän, Tellur und Wolfram. Vor allem die Krusten in Wassertiefen von 800 bis 2500 Metern sind metallreich und deshalb wirtschaftlich interessant. Zwei Drittel der Polymetallischen Krusten befinden sich im

westlichen Zentralpazifik. Die Gesamtmenge an trockener Erzsubstanz in allen Ozeanen wird auf 40 Milliarden Tonnen geschätzt.

### 4 Seltene Erden

Nahe der chinesischen Küste verlaufen tektonische Risse, die mit Vulkanen verbunden sind und in denen sich Metallablagerungen gebildet haben. die reich an Seltenen Erden sind. - Die Metalle der Gruppe Seltene Erden sind eigentlich gar nicht selten, sondern kommen einfach nur in kleinsten Mengen vor. Ihr Abbau an Land ist arbeitsintensiv, aufwändig, umweltschädigend und teuer. Jahrelang hatte China im Markt eine Monopolstellung inne, mittlerweile ist sein Marktanteil an Seltenen Erden stark gesunken. Die Metalle der Seltenen Erden werden vor allem in den Bereichen erneuerbare Energien (Solarpaneelen, Windturbinen) und Elektronik (Computer, Digitalkameras, Energiesparlampen) gebraucht; sie bilden auch die Grundlage für starke Permanentmagnete in Elektromotoren und Generatoren sowie in modernen Hochtemperatursupraleitern.

Japanische Forscher haben in der Nähe von Minami-Torishima (südliche Vogelinsel) am Boden des Pazifiks in einer Tiefe von 5000 Metern ein grosses Vorkommen von Yttrium und Seltenen Erden entdeckt. Es befindet sich rund 2000 Kilometer von der japanischen Inselkette entfernt.

### 5 Erdöl und Erdgas

Ab 400 Metern Meerestiefe werden grosse Vorkommen an Erdöl und Erdgas vermutet. Der hohe Druck, der in diesen Tiefen herrscht, macht allfällige Bohrlochausbrüche jedoch unbeherrschbar.

Das Erdöl und Erdgas am Nordpol möchten Russland, Kanada und Dänemark (für Grönland) aus dem Meer fördern.

Myanmar verfügt über riesige, nicht erschlossene Öl- und Gasvorkommen in der Bucht von Bengalen. Die nötige Fördertechnologie bieten zahlreiche Unternehmen aus China, Thailand, Südkorea, Indien, Japan, den USA, Frankreich und Australien an.

Um die Spratly-Inseln im Südchinesischen Meer, wo ebenfalls Erdöl vermutet wird, streiten sich China, Taiwan, Vietnam, Malaysia, Indonesien, Brunei und die Philippinen.

A Clarion-Clipperton-Bruchzone
Die Clarion-Clipperton-Bruchzone im
Pazifik ist bis jetzt das grösste bekannte Manganknollengebiet. Derzeit
halten 15 Länder und ihre Unternehmen Erkundungslizenzen für die 7000
Kilometer lange Clarion-Clipperton-Bruchzone. Unter ihnen die deutsche Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Hannover.
(Deutschland hält ebenfalls eine
Erkundungslizenz für Massivsulfide im
Indischen Ozean vor dem Inselstaat
Madagaskar.)

Bei einem Abbau müsste das Lizenzgebiet wegen der sehr langen Regenerationszeit der Tiefsee «als zerstört angesehen werden», schreibt die Umweltschutzorganisation WWF 2014 in einem Hintergrundpapier zum Tiefseebergbau.

### B Solwara 1

Das am weitesten fortgeschrittene Abbauprojekt ist Solwara 1 in der Bismarcksee, die in der ausschliesslichen Wirtschaftszone von Papua-Neuguinea liegt. Die in Kanada registrierte Aktiengesellschaft Nautilus Minerals will dort in den Metallsulfiden in 1600 Metern Tiefe die vermuteten 100 000 Unzen Gold und 80 000 Tonnen Kupfer heben. Nautilus Minerals kämpft derzeit mit der Finanzierung, weshalb es unsicher ist, ob der Abbau wie geplant 2019 beginnen wird. - Gegen Solwara 1 gibt es weltweite Proteste, da die Bismarcksee eine der artenreichsten und ökologisch bedeutsamsten Meeresregionen der Welt ist.

### C Atlantis-Tief II

Im Roten Meer befindet sich in 2000 Metern Tiefe das Atlantis-Tief II – ein Becken, das durch das Auseinanderdriften der Afrikanischen und der Arabischen Platte entstanden ist. Es ist mit einer dicken metallhaltigen Schlammschicht gefüllt und gilt als das grösste Sulfidvorkommen weltweit. Die Schlammschicht beinhaltet schätzungsweise 3 Millionen Tonnen Zink, 700 000 Tonnen Kupfer, 6500 Tonnen Silber und 46 Tonnen Gold im Gesamtwert von zirka 12 Milliarden Euro.

### a Internationale Meeresbodenbehörde ISA

1982 wurde die Tiefsee mit ihren Ressourcen von den Vereinten Nationen zum «Gemeinsamen Erbe der Menschheit» erklärt. Wie die Tiefsee genutzt werden darf, wurde 1994 im Seerechtsübereinkommen festgehalten. Darin stehen unter anderem auch die Regeln für den Tiefseebergbau.

Die Internationale Meeresbodenbehörde ISA (International Seabed Authority), mit Sitz in Kingston (Jamaika), vergibt Erkundungslizenzen gegen eine Gebühr von 500 000 US-Dollar an Abbauunternehmen, wenn diese die Lizenz zusammen mit einem Staat beantragen, der die Haftung und Überwachung übernimmt.

Die ISA erarbeitet derzeit einen Mining-Code für den Abbau von Manganknollen. Wichtig für die Ökologie ist folgender Punkt darin: Es müssen genügend Schutzzonen eingerichtet werden, von denen eine Neubesiedlung von Lebewesen ausgehen kann.

### b Innovationszentrum für Tiefsee-Umweltüberwachung

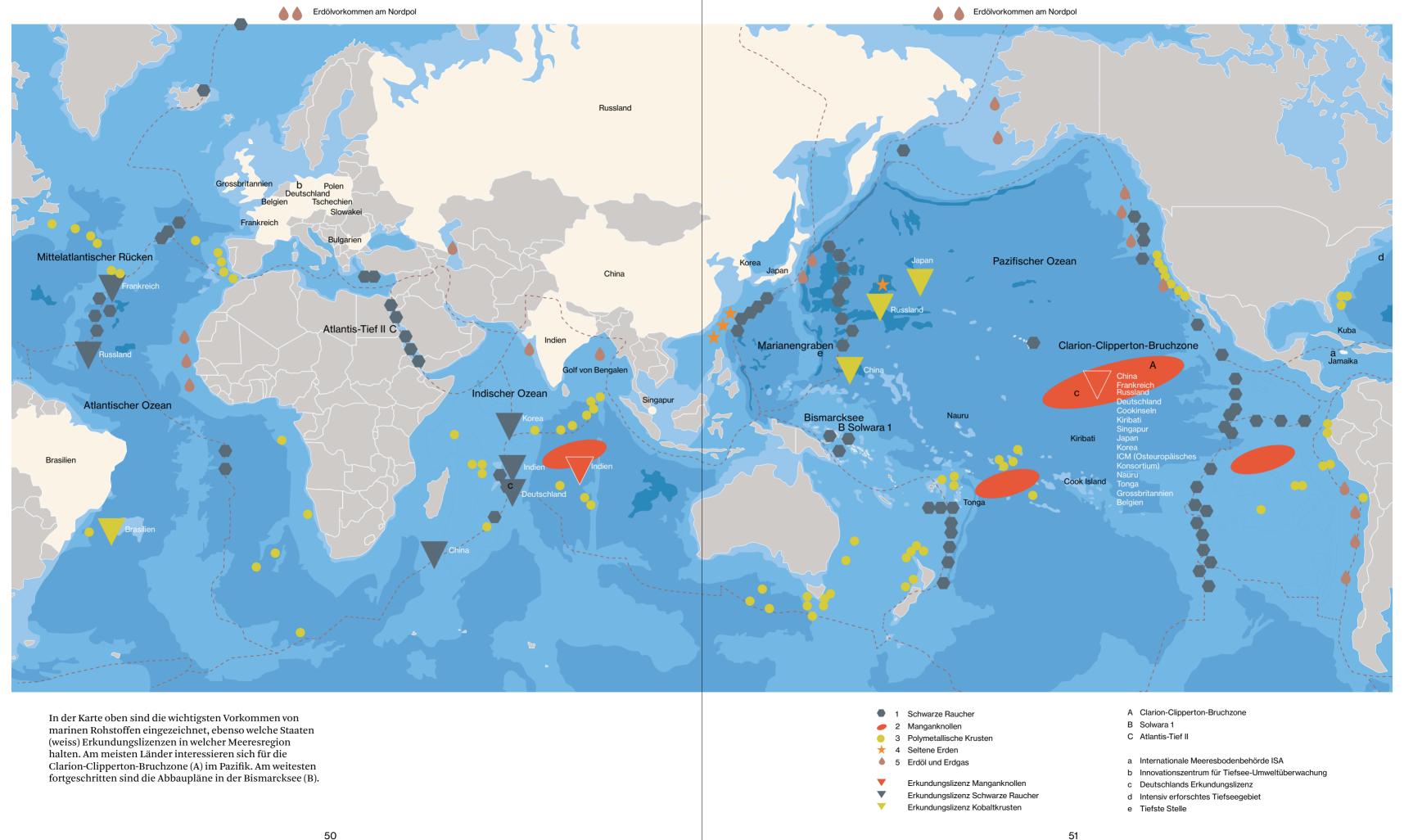
Das von der Werner Siemens-Stiftung finanzierte Innovationszentrum für Tiefsee-Umweltüberwachung am MARUM an der Universität Bremen will vor allem die Hydrothermalquellen entlang des Mittelatlantischen Rückens erforschen. Hydrothermalquellen gelten als verwundbare Ökosysteme, das bedeutet, dass ein Abbau sie unwiederbringlich zerstören würde. Die Forschenden interessieren sich für die Ökosysteme, die generellen Umweltbedingungen und wie sich Meeresboden und Wassersäule zeitlich und räumlich verändern und bis zu welchem Grad sie veränderbar sind. Der Meeresboden soll dort wiederholt in hoher Auflösung kartographiert werden. So können Veränderungen abgebildet werden, vor allem durch das Vergleichen der erfassten Daten. Dazu gehören zum Beispiel Messungen des Salzgehalts, der Anteil des im Wasser gelösten Sauerstoffs oder der pH-Wert im Sediment.

c Deutschlands Erkundungslizenz Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Hannover erkundet im Auftrag der deutschen Bundesregierung seit 2006 das Lizenzgebiet für Manganknollen in der Clarion-Clipperton-Zone (Pazifik) und seit 2015 das Lizenzgebiet für Massivsulfide im Indischen Ozean vor Madagaskar. In der Clarion-Clipperton-Zone plant sie mit dreissig europäischen Partnern (inklusive MARUM) aus Wissenschaft und Industrie und mit der ISA auf April 2019 einen Test: Ein Manganknollen-Sammler soll im deutschen Erkundungsgebiet der Clarion-Clipperton-Zone in gut 4000 Metern Tiefe die Manganknollen auf einer begrenzten Fläche von 100 mal 900 Metern auflesen. Von diesem Testabbau erhofft sich das Konsortium erstmals relevante Daten zu den kurz- und mittelfristigen Auswirkungen des Tiefseebergbaus auf die Umgebung. Daraus sollen Überwachungskonzepte entwickelt und Umweltschutz-Richtlinien für zukünftige kommerzielle Tiefsee-Abbauprojekte abgeleitet werden.

d Intensiv erforschtes Tiefseegebiet Der Hudson Canyon südöstlich von New York ist eine der besterforschten Stellen im tiefen Atlantik. Ein internationales Konsortium von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern hat dort eine enorme Vielfalt an Leben gefunden.

### e Tiefste Stelle

Der Marianengraben ist mit 11 000 Metern die tiefste Stelle im Ozean. Er verläuft zwischen zwei tektonischen Platten im westlichen Pazifischen Ozean und ist Teil des 40 000 Kilometer langen Pazifischen Feuerrings, wo weltweit die meisten Vulkane ausbrechen und Erdbeben vorkommen. An der tiefsten Stelle ist der Druck 1000fach höher als an Land. In diesem vermeintlich lebensfeindlichen Gebiet vermuten Wissenschaftler komplett unbekannte Lebensformen – und enorme Gasvorkommen.



### Erkunden, um zu schützen

Wie sieht Umweltschutz in der Tiefsee aus? Das neue Innovationszentrum für Tiefsee-Umweltüberwachung, das MARUM dank der Unterstützung der Werner Siemens-Stiftung an der Universität Bremen aufbauen kann, will Methoden entwickeln, um die wichtigen Parameter zu bestimmen, zu messen und zu überwachen. Daraus können Umweltschutzmassnahmen für den Tiefseebergbau abgeleitet werden.

Als erstes wird das neue Innovationszentrum für Tiefsee-Umweltüberwachung die bereits entwickelten Messsysteme nutzen, um zu schauen, was es am Meeresboden überhaupt gibt. Als Testregion dienen die Hydrothermalquellen im Atlantik. Anschliessend sollen dann Umweltinformationen in jenen Gebieten gesammelt werden, die für den Tiefseebergbau relevant sind. Das klingt unspektakulär. Doch die daraus resultierenden Karten bilden die Basis, um sich in der stockdunklen Tiefsee orientieren zu können und die schützenswerten Ökosysteme überhaupt erst aufzuspüren.

Die bestehenden Meereskarten basieren auf Satellitendaten und Vermessungen vom Schiff aus; sie sind ungenau und wenig detailreich. Oft unterschätzen sie zum Beispiel die Höhe beziehungsweise Tiefe der Unterwasserberge völlig. Weniger als zehn Prozent der Tiefsee sind bislang detailliert kartografiert.

Wenn man erst einmal weiss, wo die Berge und Täler sind, wie hoch oder tief sie sind und woraus sie bestehen, kann man daraus auf das Leben, das dort existiert, schliessen. Unterwasserberghänge zum Beispiel sind sehr beliebt bei zahlreichen Organismen.

### Kartieren, beobachten, beproben

Seit den 2000er-Jahren sind die MARUM-Forschenden in der Lage, ihre Tauchroboter in 4000 Metern Tiefe auf dem Meeresboden einzusetzen, videokontrolliert von einem Forschungsschiff aus. Die Tauchroboter können auf den Zentimeter genaue Karten und Bilder erstellen, auf denen so kleine Lebewesen wie Krebse und Bartwürmer zu erkennen



Die bisherigen MARUM-Tauchroboter (vorne) sind von teuren Mutterschiffen abhängig – in Zukunft sollen sie durch unabhängig operierende, langzeitautonome Fahrzeuge ergänzt werden.

sind. Auch Proben können sie nehmen sowie Lebewesen in ihrer angestammten Umgebung erforschen – Tiefseeschwämme zum Beispiel schätzen es gar nicht, wenn man sie an Bord holt. Ausserdem sind die Tauchroboter in der Lage, in der Tiefsee Sensoren zu platzieren, so dass eine Stelle über längere Zeit beobachtet werden kann.

Alle diese Errungenschaften wird das neue Innovationszentrum für Tiefsee-Umweltüberwachung nutzen können – und es wird sie weiterentwickeln in Richtung autonome, intelligente und mobile Systeme, die unabhängig von einem Mutterschiff sind.

### Erfahrener Leiter, erfahrenes Team

Professor Ralf Bachmayer leitet das von der Werner Siemens-Stiftung finanzierte Innovationszentrum. Er hat langjährige Erfahrung in der Entwicklung, Navigation und Steuerung autonomer maritimer Fahrzeuge in den oberen tausend Metern des Meeres. Für seine neue Aufgabe ist der gebürtige Heilbronner 2017 nach 23 Jahren in den USA und in Kanada nach Deutschland zurückgekehrt. Ralf Bachmayer hat Elektrotechnik und Maschinenbau studiert und wird mit den Spezialisten am MARUM und der Universität Bremen aus den Bereichen Ingenieurwesen, Informatik, Mathematik und Visualisierung zusammenarbeiten. Ihr gemeinsames Ziel ist es, die drei zentralen Herausforderungen Sensorik, Navigation und Kommunikation in der Tiefsee zu meistern.

### Herausforderung Navigation

In der Tiefsee ohne Bezug zu einem Schiff zu navigieren, ist anspruchsvoll. Unter Wasser gibt es kein GPS. Deshalb navigiert man im Meer normalerweise mit Hilfe von sonarbasierten Karten, akustischen Signalen und inertialen Navigationssystemen. «Das sind Systeme, die – auf Geschwindigkeiten und Beschleunigungen basierend – die Orientierung eines Fahrzeuges sehr genau bestimmen und die Position abschätzen können», erklärt Ralf Bachmayer.

### «Intelligente» Sensoren

Für die Kommunikation unter Wasser werden ebenfalls akustische Signale genutzt. Doch ist deren Energieverbrauch pro Bit um einiges grösser als bei optischen Systemen. Optische Systeme wiederum haben den Nachteil, dass ihre Datenübermittlung nicht über Tausende von Metern reicht, wie es in der Tiefsee nötig wäre. Ralf Bachmayers Lösungsansatz für dieses Problem: «Wir machen die Sensoren so intelligent, dass sie einen Teil der Rechenleistung übernehmen und die gesammelten Informationen selbst zu einem digitalen Bild der Umwelt verarbeiten und diese Information übermitteln können.»

### Am liebsten 4K-Bilder

Die Datenübertragung vom Meeresgrund zur Wasseroberfläche ist ein weiteres Problem. Licht wird in der Tiefsee gedämpft und eignet sich deshalb nicht zur Datenübertragung über längere Distanzen. Elektromagnetische Wellen (Radiowellen), wie sie an Land genutzt werden, erlauben keine hohe Übertragungsrate. Die Forschenden möchten aber am liebsten maximale Aufzeichnungsqualität – also Bilder in 4K-Auflösung. Doch wie sollen die anfallenden Datenmengen übertragen werden?

Letzten Endes wird der energetische Aspekt Match-entscheidend sein. «Man kann in der Tiefsee ja keinen Supercomputer installieren, der einen hohen Energieverbrauch hat», sagt Ralf Bachmayer. «Es gibt auch keinen Cloud-Service; es muss also alles lokal geschehen.»

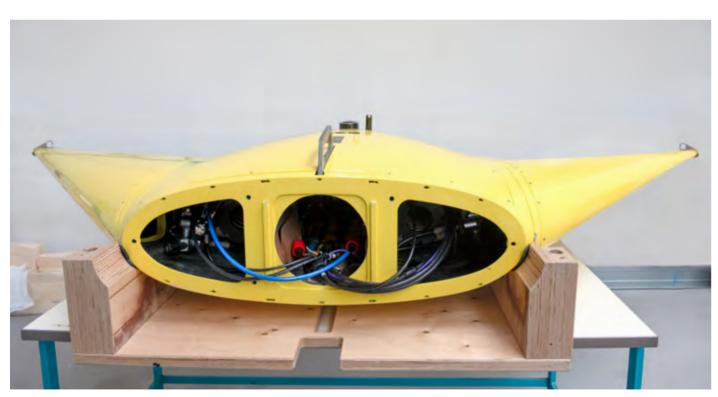
### Stationäre Observatorien

Bis jetzt erfolgt die Datenübertragung traditionell: Man holt die Tiefsee-Daten an Bord und analysiert sie dort. Seit etwa zehn Jahren stehen auch verkabelte Observatorien im operationellen Einsatz, mit Energieversorgung und schneller Datenübertragung – zum Beispiel vor der Westküste Nordamerikas. MARUM beteiligt sich daran und hat dort Sonare ausgebracht, die Methanblasen kartieren. Das braucht jedoch so viel Energie, dass die Sonare den Strom aus der Steckdose beziehen müssen. Verkabelte Observatorien sind auch unglaublich teuer, sie kosten bis zu einem dreistelligen Millionen-Euro-Betrag. Ausserdem birgt ein fixes Observatorium das Risiko, dass man nach ein paar Jahren merkt, dass der Standort eigentlich nicht ideal ist, dass man sich verschieben müsste – was aber wegen des Kabels nicht ohne weiteres geht.

### Mobil, autonom, intelligent

Mobile, autonome, intelligente Systeme scheinen für die Erforschung der Tiefsee am geeignetsten zu sein, und sie werden existierende verkabelte Observatorien hervorragend ergänzen. Sie werden unterschiedliche Meeresregionen besser abdecken und grosse Flächen kartieren können. So helfen sie den Forschenden, die relevanten Ökosysteme in der Tiefsee zu entdecken. Sollten sich die Meereszonen dereinst durch den Klimawandel verschieben oder sollte sich zum Beispiel die Wassertemperatur verändern, könnten mobile, autonome Systeme mitwandern. Mit ihnen werden Langzeitbeobachtungen der Tiefsee erschwinglich, die es den Forschenden ermöglichen werden, natürliche Schwankungen von menschbedingten Veränderungen zu unterscheiden.

All dieses Wissen fehlt heute. Es ist aber nötiger denn je. Denn schon bald wollen die ersten Unternehmen mit dem Tiefseebergbau beginnen. Spätestens dann sollte man wissen, welche Umweltschutzmassnahmen die Tiefsee vor irreparablen Schäden bewahren.

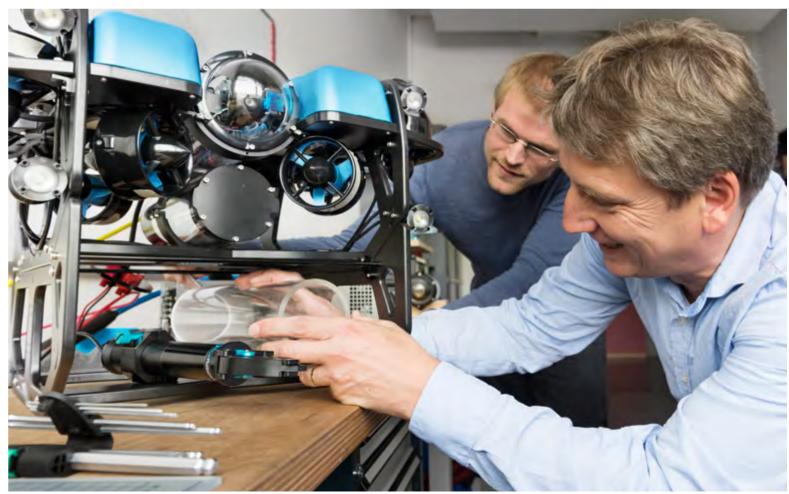


MARUM-SEAL ist ein autonomes Unterwasserfahrzeug, das den Meeresboden sehr genau kartieren kann. Es wird so weiterentwickelt, dass es dereinst direkt auf gemessene Werte reagieren und seinen Missionsplan in Echtzeit anpassen kann.



Michael Schulz, MARUM-Direktor (links), und Ralf Bachmayer, Leiter des Innovationszentrums für Tiefsee-Umweltüberwachung, arbeiten gemeinsam für den Schutz der Tiefsee – im Hintergrund gekühlte Bohrkerne, die im Bremer Bohrkernlager am MARUM archiviert werden.

Werner Siemens-Stiftungsprofessor Ralf Bachmayer (rechts) und sein Mitarbeiter Paul Riesen überprüfen das zusätzliche Druckgehäuse eines neuen optischen Sensors auf einem kleinen, ferngesteuerten Unterwasserfahrzeug.





Als Ergänzung zu den bewährten Geräten von MARUM (im Bild ein Bohrgerät, mit dem der Meeresboden untersucht werden kann) wird das neue Innovationszentrum Prototypen von Umweltüberwachungssystemen entwickeln.

### Zahlen und Fakten

Projek

Das von der Werner Siemens-Stiftung finanzierte Innovationszentrum für Tiefsee-Umweltüberwachung will Prototypen für Umweltüberwachungssysteme entwickeln. 2025 ist ein Testbetrieb in der Tiefsee vorgesehen. Anschliessend werden in enger Zusammenarbeit mit Firmen autonome Sensornetzwerke entwickelt und in Betrieb genommen.

Unterstützung

Die Werner Siemens-Stiftung unterstützt die Einrichtung des Innovationszentrums für Tiefsee-Umweltüberwachung mit einer Professur (Prof. Dr. Ralf Bachmayer), zwei wissenschaftlichen Mitarbeitern, zwei Technikern, einem Labor und einer Werkstatt. Nach zehn Jahren wird die gesamte Forschungsgruppe in die Grundfinanzierung der Universität Bremen integriert. Projektdauer

2018-2028

Projektleitung

Prof. Dr. Michael Schulz

Unterstützung durch die Werner Siemens-Stiftung

4,975 Mio. Euro

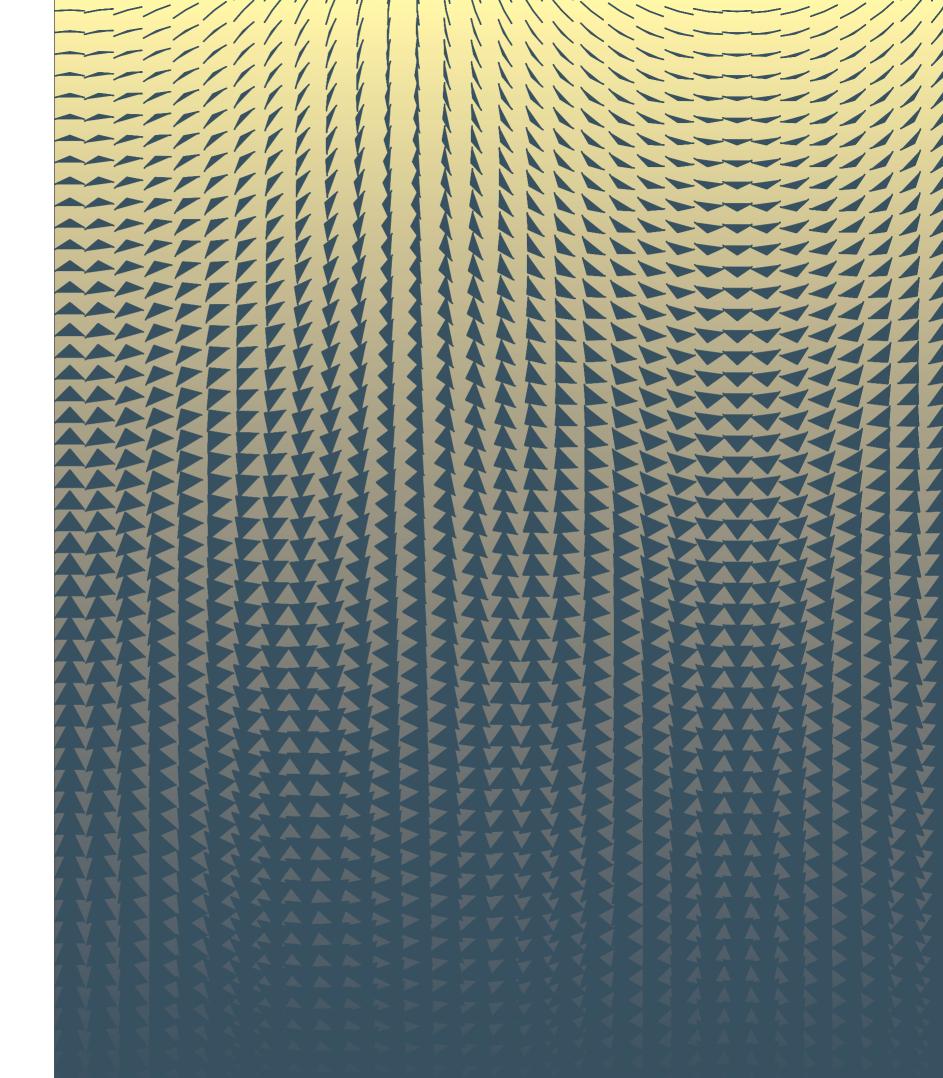
Partner

MARUM – Zentrum für Marine Umweltwissenschaften, Universität Bremen

### entdecken erforschen schützen

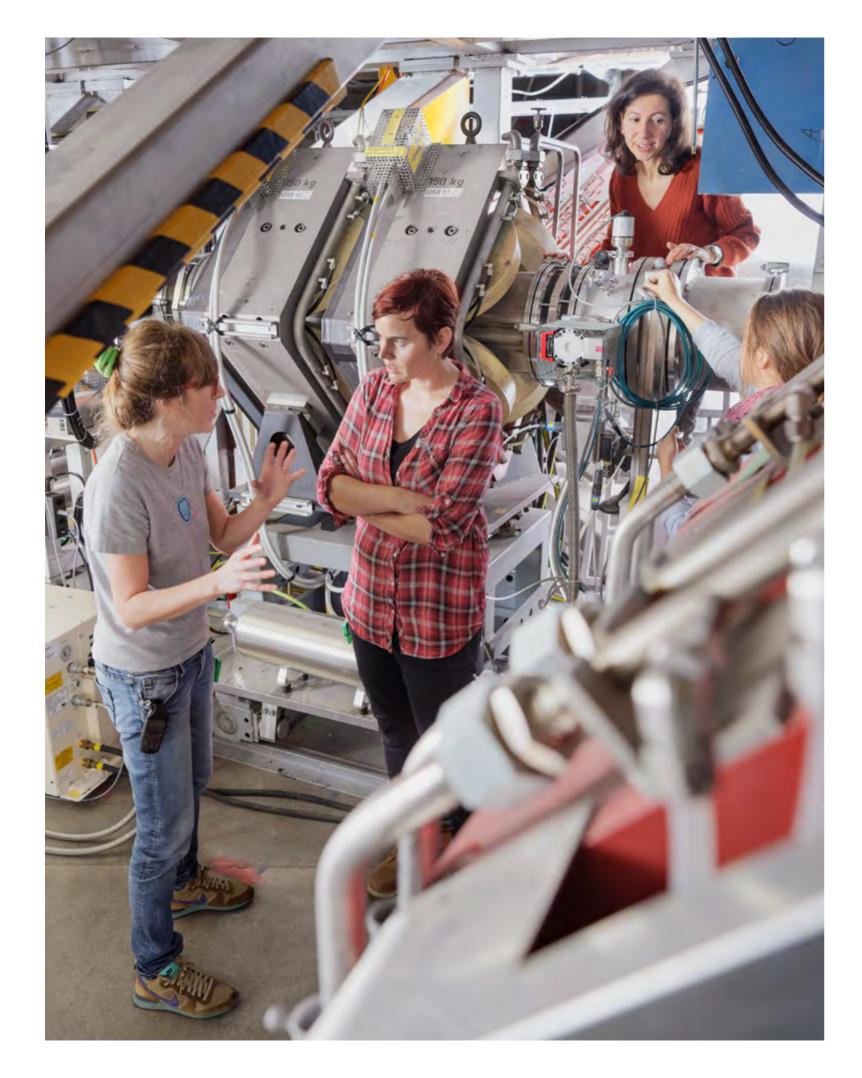
### Innovation

Die Werner Siemens-Stiftung finanziert den Aufbau eines Innovationszentrums für Tiefsee-Umweltüberwachung, weil es mehr Wissen über das noch weitgehend unbekannte Ökosystem Tiefsee braucht sowie tiefseetaugliche Geräte und Technologien, um die Auswirkungen des Tiefseebergbaus auf die Umwelt überwachen zu können.



## Mädchen mit Technik-Power

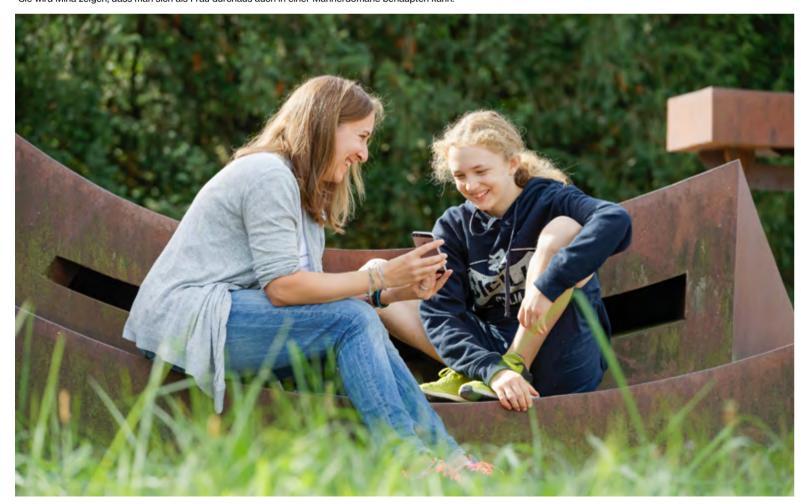
Mentoring-Programm «Swiss TecLadies»



Irgendetwas an diesem Foto ist ungewöhnlich. Richtig. Sämtliche Physiker sind weiblich. Das gibt es bis heute in keinem Physiklabor. So wie es auch keine Informatikfirma mit hundert Prozent Frauenanteil oder Baustellen mit lauter Statikerinnen, Architektinnen und Baumeisterinnen gibt. In Zukunft aber soll das bisher Unmögliche möglich werden.

# Mina will Ingenieurin werden

Die Schülerin Mina trifft zum ersten Mal ihre Mentorin, die Bauingenieurin Stefanie Burri.



Mehr Mut zur Technik: Mit dem Mentoring-Programm «Swiss TecLadies» will die Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften talentierte junge Frauen ermutigen, technische Berufe zu wählen. Das erste Mentoring läuft noch bis Juli 2019.

Sie sind selten, aber engagiert: Frauen in technischen Berufen. In Gebieten wie Informatik und Ingenieurwesen sind Frauen deutlich in der Minderheit. Doch als die Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW) rief, kamen sie: 70 Frauen aus den unterschiedlichsten technischen Berufen stellen sich ehrenamtlich als Mentorinnen für das Programm «Swiss TecLadies» zur Verfügung. Ob Maschineningenieurin, Informatikerin oder Nanowissenschaftlerin: Als Mentorinnen bringen sie 13- bis 16-jährigen Mädchen - den Mentees - während eines Jahres die Welt der Technik näher. Die Mentees besuchen die Mentorinnen am Arbeitsplatz und unternehmen gemeinsame Aktivitäten mit ihnen. So erhalten sie Einblick in die Berufs- und Lebenswelt von Frauen in technischen Berufen. Ergänzt wird «Swiss TecLadies» durch Besichtigungen von Unternehmen und Persönlichkeitstrainings. Die Sensibilisierung von Lehrpersonen und Eltern gehört ebenfalls zum Programm.

### Knifflige Fragen

Das Mentoring-Programm startete im September 2018. Um daran teilnehmen zu können, mussten die potenziellen Mentees im Vorfeld ihr technisches Talent in einer Online-Challenge unter Beweis stellen. Mit zum Teil kniffligen Fragen: Was muss man tun, damit ein U-Boot aufsteigt? Warum springt ein Zug nicht aus den Schienen? Woher weiss Google, welche Schuhe ich kaufen wollte?

Die Online-Challenge auf der Website https://tecladies.ch stand allen Interessierten offen. Aber nur 13- bis 16-jährige Mädchen konnten sich ab einer bestimmten Punktezahl für die Teilnahme am Mentoring-Programm qualifizieren. Angesprochen werden sollten junge Frauen, die technisch begabt und begeistert sind, aber vielleicht noch nie in Betracht gezogen haben, eine Ausbildung im Bereich MINT – Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik – zu wählen.

### Eine Frage der Sozialisation

Doch weshalb ist der Frauenanteil in technischen Ausbildungen und Branchen so gering (siehe Grafik Seite 67)? Für Astrid Hügli, Projektleiterin von «Swiss TecLadies», hat das nichts mit ungleich verteilten Talenten zu tun, sondern mit der unterschiedlichen Sozialisation von Mädchen und Jungen: «Väter beziehen ihre Söhne häufiger in technische Arbeiten ein als ihre Töchter, etwa beim Basteln oder Reparieren. Und in der Schule werden Mädchen zu wenig an die naturwissenschaftlichen und technischen Fächer herangeführt.»

Das seien nur zwei Beispiele, sagt Hügli. Im Gegensatz zu Ländern in Mittel- und Osteuropa sowie Skandinavien seien Mädchen in Westeuropa im Bereich Technik schon immer weniger gefördert worden: «Technische Kenntnisse und entsprechend auch technische Berufe traut man eher Jungen zu, nicht Mädchen.» Dies allerdings zu Unrecht: Gemäss dem Bildungsbericht 2018 der Schweizerischen Koordinationsstelle für Bildungsforschung schliessen Mädchen bei Lehrabschlussprüfungen besser ab als ihre männlichen Kollegen – auch in Berufen mit hohem Männeranteil.

### Selbstvertrauen stärken

Doch viele Mädchen trauen sich einen technischen Beruf nicht zu. «Deshalb braucht es eine spezifische Förderung der



Hochkonzentriertes und spielerisches Kennenlernen: Mina und ihre Mentorin Stefanie Burri programmieren am Welcome Day an der Hochschule Rapperswil einen Roboterarm, damit er eine bestimmte Bewegung ausführt.

Mädchen», sagt Astrid Hügli. Zwar richteten sich die Nachwuchsförderungsprogramme der SATW bisher durchaus an beide Geschlechter. Doch hat eine SATW-Studie klar gezeigt, dass Mädchen sowohl in der Schule wie auch im Elternhaus eine stärkere Förderung brauchen.

Mit «Swiss TecLadies» besteht jetzt erstmals ein Angebot nur für junge Frauen: Die Online-Challenge bringt Talente an den Tag, das Mentoring hilft den jungen Frauen, sich realistische Vorstellungen von technischen Berufen zu machen und ihr Selbstvertrauen zu stärken – sich einen solchen Beruf also auch zuzutrauen. «Es fehlt den jungen Frauen an Vorbildern», sagt Astrid Hügli. Die Chance, dass Mädchen per Zufall auf weibliche Vorbilder stossen, sei gering. Deshalb bringt «Swiss TecLadies» talentierte Mädchen und Frauen aus technischen Berufen gezielt zusammen.

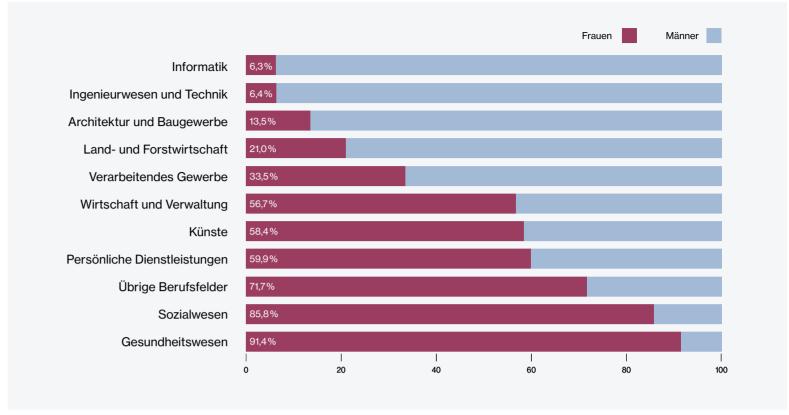
### Vorbilder wirken

Mit dem Programm will die SATW langfristig dem Fachkräftemangel entgegenwirken, aber auch für mehr Diversität in technischen Branchen sorgen. «Geschlechtergemischte Teams sind oft innovativer, wie Studien zeigen», sagt Astrid Hügli.

Die Werner Siemens-Stiftung unterstützt «Swiss TecLadies» seit Anfang 2017 für fünf Jahre. Zweimal soll das Programm in dieser Zeit durchgeführt werden – 2018/2019 in der Deutschschweiz und 2020/2021 zusätzlich auch in der Westschweiz. Erweist es sich als Erfolg, soll es auch danach alle zwei bis drei Jahre stattfinden. Zusätzlich wird «Swiss TecLadies» vom Eidgenössischen Büro für die Gleichstellung von Frau und Mann als Beitrag zur Fachkräfte-Initiative des Bundes finanziell unterstützt.

Astrid Hügli ist zuversichtlich, dass sich der Frauenanteil in technischen Berufen damit erhöhen lässt. Erfreulicherweise deuten auch gewisse gesellschaftliche Entwicklungen in diese Richtung: Mädchen wachsen heute ebenso selbstverständlich mit Handy und Laptop auf wie Jungen. Auch der neue Lehrplan 21 nimmt den Fachkräftemangel im MINT-Bereich ernst und thematisiert technische Themen bereits in der Primarschule. Zudem: Stereotypen beginnen sich aufzulösen, weil auch zahlreiche neue Berufe im MINT-Bereich entstehen, die noch nicht geschlechtsspezifisch besetzt sind. Ob diese von Männern oder Frauen ergriffen werden, wird hoffentlich bald einmal egal sein. Hauptsache, mit Talent und Freude.

### Berufliche Grundbildung nach Geschlecht und Bildungsfeldern (2015)



Noch immer absolvieren nur sehr wenige Mädchen eine Ausbildung in Informatik, Ingenieurwesen oder Technik. Quelle BFS



# «Eine Aufwärtsspirale in Gang setzen»

Stefanie Burri, Bauingenieurin und Mentorin

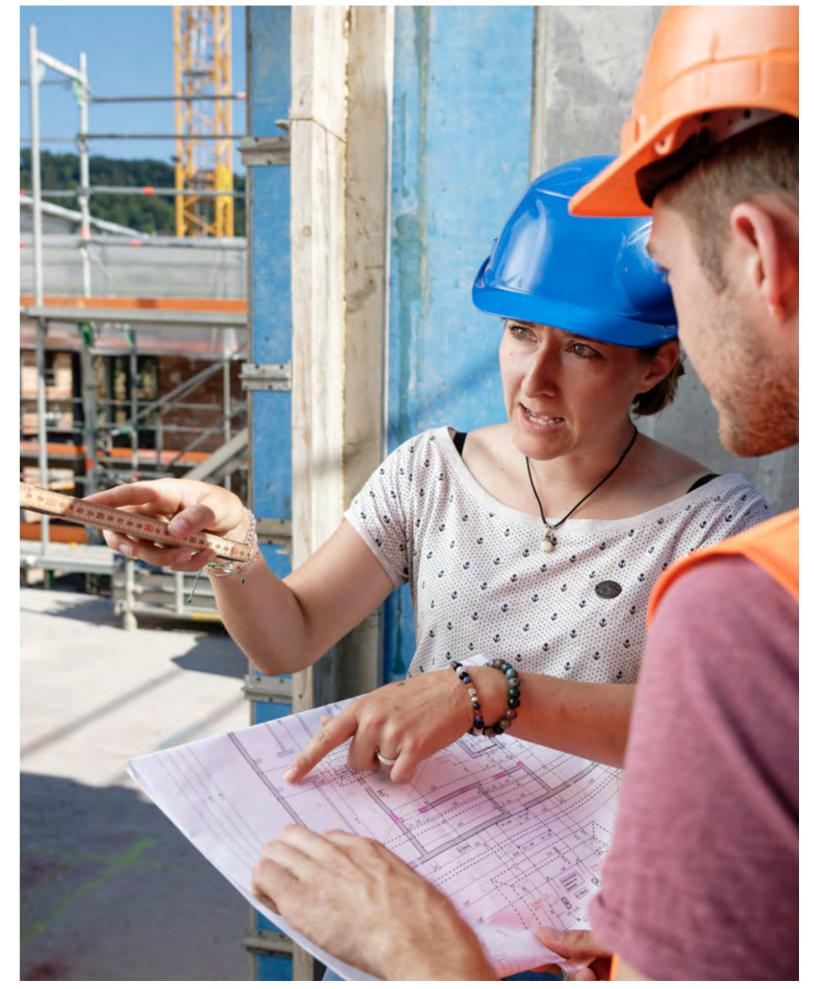
Kann diese Wand weg – oder stürzt das Gebäude dann ein? Wie erdbebensicher ist diese Brücke? – Es sind solche Fragen der Statik, die Stefanie Burri am meisten faszinieren in ihrem Beruf. Die Bauingenieurin arbeitet als Projektleiterin Hochbau im Planungsbüro ewp bucher dillier AG in Luzern. Sie berät und begleitet Architektinnen und Architekten und die Bauherrschaft bei Neubauten und Sanierungen. Kürzlich hat sie zum Beispiel den Neubau einer Wohn- und Gewerbesiedlung in der Nähe von Luzern abgeschlossen.

Schon als Kind probierte sie in der Werkstatt ihres Vaters Werkzeuge und Materialien aus und durfte löten, sägen und bohren. In der Schule zeigte sich bald ihr Talent für Mathematik und Naturwissenschaften. So war es für Stefanie Burri naheliegend, eine Lehrstelle im technischen Bereich zu suchen – als Metallbauzeichnerin. «Meine Eltern und mein Umfeld haben mich immer unterstützt bei meinen Ideen.» Trotzdem fühlte sie sich bisweilen unsicher in diesem männerdominierten Beruf. Es fehlten ihr die weiblichen Vorbilder: «Als Frau ist man exponiert und hat den Eindruck, mehr leisten zu müssen als Männer. Ich hatte damals Angst, Fehler zu machen, bei denen es heisst: typisch Frau!»

Nach der Lehre mit Berufsmatura studierte sie an der Hochschule Luzern im Bachelor Bauingenieurin. Heute geht sie einer vielfältigen Arbeit nach, bei der sich Planung und Berechnungen im Büro mit Besprechungen und Besuchen auf der Baustelle abwechseln. Die Zusammenarbeit mit Menschen aus unterschiedlichen Berufen macht ihr grossen Spass: mit dem Architekten oder der Architektin eine gestalterische Lösung finden, mit dem Bauunternehmen den Ablauf optimieren und mit Handwerkern die technischen Details besprechen.

Mittlerweise fühlt sich Stefanie Burri als Frau in einer Männerdomäne akzeptiert: «Im Baugewerbe sind zwar mehrheitlich Männer tätig. Aber sie begegnen uns Frauen auf Augenhöhe.» Selten erlebt sie, dass ein Mann überrascht ist, auf der Baustelle eine Frau anzutreffen.

«Es ist wichtig, zu wissen, wer man ist und was man kann. Mehr braucht es nicht», sagt Stefanie Burri heute. Manchmal könne es gar ein Vorteil sein, eine Frau zu sein: «In einem männerdominierten Umfeld bleibt man als Frau eher in Erinnerung – und erhält vielleicht von einem Auftraggeber Folgeaufträge.» Trotzdem ist sie überzeugt, dass es für junge Frauen schwierig sein kann, einen gesellschaftlich unkonventionellen Weg einzuschlagen, wenn man nicht darin bestärkt wird. Die geringe Vertretung von Frauen in der Welt der Technik könne abschreckend wirken. Es braucht dann viel Selbstbewusstsein, und dieses Selbstbewusstsein möchte Stefanie Burri als Mentorin von «Swiss TecLadies» weitergeben. Sie hofft, dass das Mentoring-Programm eine «Aufwärtsspirale» in Gang setzt und bewirkt, dass Mädchen in Zukunft vermehrt technische Berufe wählen, weil sie weibliche Vorbilder kennengelernt haben. «Vorbilder können helfen, die Angst zu nehmen. Ich möchte zeigen, wie unkompliziert man sich als Frau in der Welt der Technik bewegen kann.»



«Vorbilder können helfen, die Angst zu nehmen. Ich möchte zeigen, wie unkompliziert man sich als Frau in der Welt der Technik bewegen kann»: Bauingenieurin Stefanie Burri auf einer Baustelle.

### «Die Welt der Technik besteht aus mehr als nur 0 und 1»

Gerardina Bello, Informatikerin und Mentorin

Ihr Weg in einen technischen Beruf war nicht vorgespurt. Gerardina Bello studierte Sozialwissenschaften an der Universität Bern und war auf der Suche nach einem Nebenjob. In der Informatikabteilung der Schweizerischen Post wurde sie fündig. Zuerst arbeitete sie als Sachbearbeiterin, übernahm aber immer mehr auch technische Aufgaben – etwa in der Datenaufbereitung. Das schnelllebige IT-Umfeld gefiel ihr so gut, dass sie sich nach dem Studium auch die mehrjährige Berufserfahrung bei der Post mit dem Fachausweis Informatik bestätigen liess.

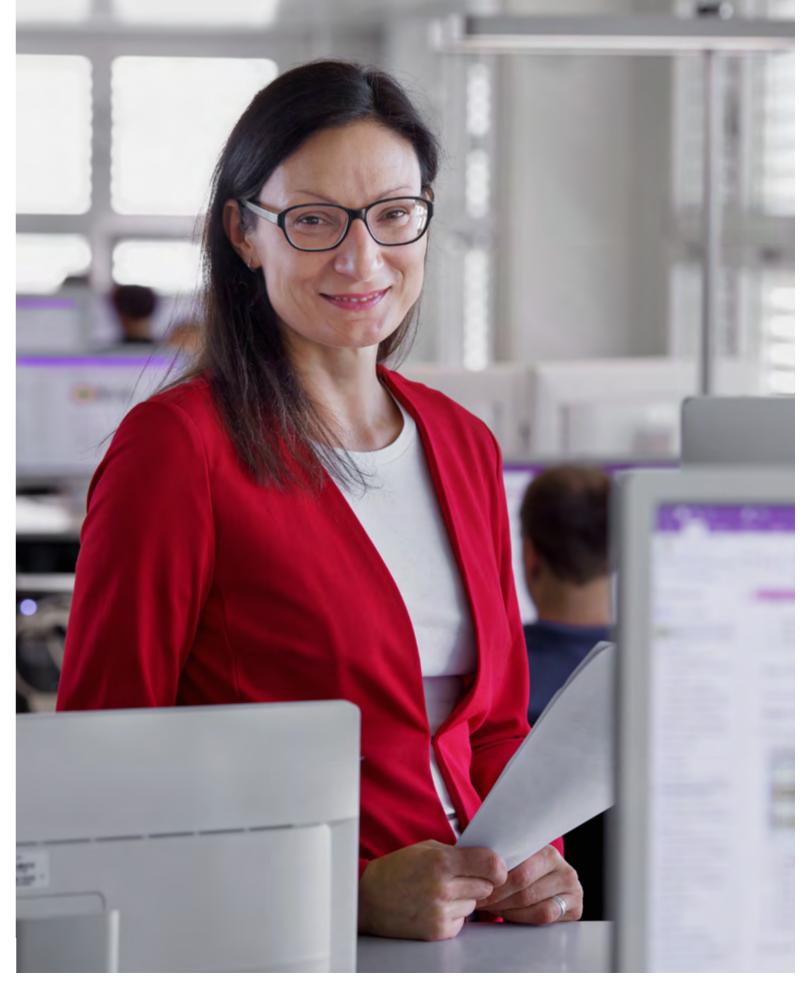
Danach war für Gerardina Bello klar, dass sie zwar in einem technischen Umfeld, aber auch mit Menschen arbeiten möchte. Sie konnte sich den Wunsch erfüllen: Seit Mitte 2017 leitet sie das SAP-Support-Team der Schweizerischen Post. Das 15-köpfige Team betreibt und unterhält für die Post die SAP-Software-Systeme, die beispielsweise im Personalwesen genutzt werden.

«Als ich bei der Post zu arbeiten begann, war ich als Frau eine Ausnahme in der Informatik», blickt Gerardina Bello zurück. Allzu viel hat sich daran nicht geändert. Der Frauenanteil der IT-Beschäftigten in der Schweiz liegt heute bei rund 15 Prozent. Dass er im SAP-Support-Team von Gerardina Bello bei überraschenden 33 Prozent liegt, hat nichts damit zu tun, dass sie als Vorgesetzte nur Frauen einstellen würde. «Ich habe das Team mit dem hohen Frauenanteil übernehmen dürfen», erzählt sie lachend. Um gleich wieder ernst zu werden: «Bei den zwei Stellenausschreibungen, die ich bisher durchführte, hat sich keine einzige Frau beworben.»

Als Mentorin bei «Swiss TecLadies» möchte Gerardina Bello mithelfen, den Frauenanteil in technischen Berufen zu erhöhen. «Wir sollten aufhören, immer in den Kategorien danner» und derauen zu denken. Entscheidend ist, was man kann und dass man seinen Beruf mit Leidenschaft ausübt», sagt Gerardina Bello. Sie ist überzeugt: Wenn es in der Arbeitswelt keine Männer- und Frauendomänen gäbe, würden sich mehr junge Menschen für Berufe entscheiden, die heute eher dem anderen Geschlecht zugeschrieben werden. Gerardina Bello hatte zwar nie das Gefühl, als Frau benachteiligt zu sein. Aber sie kann sich gut vorstellen, dass es junge Frauen wie auch Männer davon abhält, einen bestimmten Beruf zu wählen, wenn sie sich dauernd für ihre Wahl rechtfertigen müssen.

Dass solch stereotype Vorstellungen Gerardina Bello bei ihrer Berufswahl nicht beeindruckten, hat auch mit ihrer Herkunft zu tun. Ihre Eltern wanderten aus Italien in die Schweiz ein. «Als Seconda war ich in der Schule schon anders, weil ich mich in zwei Kulturen und Sprachen bewegte.» Sie empfand das nie als Nachteil, im Gegenteil: «Meine Eltern haben mir immer das Gefühl gegeben, anders zu sein sei eine Bereicherung. Deshalb hatte ich auch keine Mühe, beruflich in eine Männerdomäne einzutauchen.»

Ihre Freude am Beruf möchte Gerardina Bello auch als Mentorin weitergeben: «Wir können das Interesse der jungen Frauen an technischen Berufen wecken, wenn wir sie mit unserer Begeisterung anstecken.» Dabei möchte sie zeigen, dass auch die Welt der Technik vielfältig ist: «Ich arbeite in einem technischen Umfeld, habe aber deswegen nicht nur mit Zahlen und Algorithmen zu tun. Die Welt besteht aus mehr als nur 0 und 1.»



«Entscheidend ist, was man kann und dass man seinen Beruf mit Leidenschaft ausübt»: die Informatikerin Gerardina Bello, die das SAP-Support-Team der Post leitet.

# «Frauen müssen sich immer noch beweisen»

Lea Caminada, Teilchenphysikerin und Mentorin

Die Meldung schlug ein: Im Sommer 2012 gab das CERN in Genf bekannt, dass seine Forschenden das Higgs-Teilchen nachweisen konnten. In der theoretischen Physik war die Existenz dieses Elementarteilchens schon lange vorhergesagt worden. Endlich gelang es, sie zu beweisen – mit Hilfe des grössten Teilchenbeschleunigers der Welt. Die Forschenden liessen dazu in einem 27 Kilometer langen Tunnel Protonen miteinander kollidieren – dabei entstanden die Higgs-Teilchen.

Die Entdeckung des Higgs-Teilchens war auch für Lea Caminada ein Freudentag. Die Teilchenphysikerin arbeitet am Paul Scherrer Institut im aargauischen Villigen in der Schweiz. Sie war am Bau des sogenannten Pixeldetektors beteiligt, mit dem sich die Kollisionen der Protonen rekonstruieren und die Higgs-Teilchen nachweisen liessen. Lea Caminada koordinierte die Tests und die Inbetriebnahme des Detektors – zuerst am Paul Scherrer Institut, dann am CERN. «Es ist faszinierend, mithelfen zu dürfen, einige der grundlegendsten Fragen zu beantworten: Woraus besteht Materie? Wie entstand unser Universum?», sagt Lea Caminada. Für ihre Arbeit pendelt sie zwischen Villigen und Genf. Derzeit ist sie damit beschäftigt, die Daten des Detektors auszuwerten, den Detektor zu warten – und eine nächste, noch bessere Version zu entwickeln.

Ihr Talent und der Spass an den Naturwissenschaften haben Lea Caminada zum Studium der Physik an der ETH Zürich und in die Teilchenphysik geführt. Der geringe Frauenanteil von zwanzig Prozent während des Studiums störte sie nicht weiter, sie fühlte sich wohl und akzeptiert. Als Postdoktorandin in den USA erlebte sie anschliessend ein eher ausgeglichenes Geschlechterverhältnis in der Physik. Als sie in die Schweiz zurückkehrte, war das wieder anders. Sie realisierte: Je höher Frauen die akademische Leiter hinaufsteigen, desto schwieriger wird es für sie. Bisweilen sind es subtile, unbewusste Vorurteile, die Lea Caminada in Arbeitsgruppen erlebt: «Als Frau werde ich manchmal weniger ernst genommen. Männern traut man in technischen Berufen mehr zu als Frauen. Wir müssen zwar nicht unbedingt besser sein als Männer, aber wir müssen unser Können aktiver zeigen, uns beweisen.» Umso wichtiger sei es, schon bei Kindern anzusetzen und Mädchen wie Jungen mit technischen Berufen bekanntzumachen: «Den Mädchen fehlt es nicht nur an weiblichen Vorbildern, sie kennen diese Berufe auch zu wenig.»

Um das zu ändern, hat sich Lea Caminada als Mentorin bei «Swiss TecLadies» zur Verfügung gestellt. Gleichzeitig ist die erfolgreiche Physikerin aber auch eine Mentee: Sie nimmt am Paul Scherrer Institut an einem Mentoring-Programm für Forscherinnen teil, die eine Führungsaufgabe übernehmen möchten. Dort ist ihre Mentorin – ein Mann. Denn an weiblichen Führungskräften mangelt es noch. «Dank Programmen wie «Swiss TecLadies» hoffentlich nicht mehr lange», sagt Lea Caminada.



«Anders als Männer müssen wir Frauen unser Können aktiver zeigen»: Teilchenphysikerin und Mentorin Lea Caminada, die am experimentellen Nachweis des Higgs-Teilchen mitarbeitete, das 2012 am CERN entdeckt wurde.



Sie organisieren das Mentoring-Programm «Swiss TecLadies» der Schweizerischen Akademie der Technischen Wissenschaften (v. l.): Edith Schnapper (Nachwuchsförderung Technik Romandie), Astrid Hügli (Projektleiterin «Swiss TecLadies») und Silvia Kraus (Marketingmanagerin Nachwuchsförderung).

### Zusammen eine erste Aufgabe bewältigen: Ein Mentee und ihre Mentorin am Welcome Day in Rapperswil.



### Zahlen und Fakten

Projekt

Die Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW) will mit dem Programm «Swiss Tec-Ladies» Mädchen zwischen 13 und 16 Jahren für technische Berufe motivieren.

Unterstützung

Die Werner Siemens-Stiftung unterstützt das Mentoring-Programm «Swiss TecLadies» während der ersten fünf Jahre. Mittel der Werner Siemens-Stiftung

900000 Schweizer Franken

Projektdauer

2017-2021

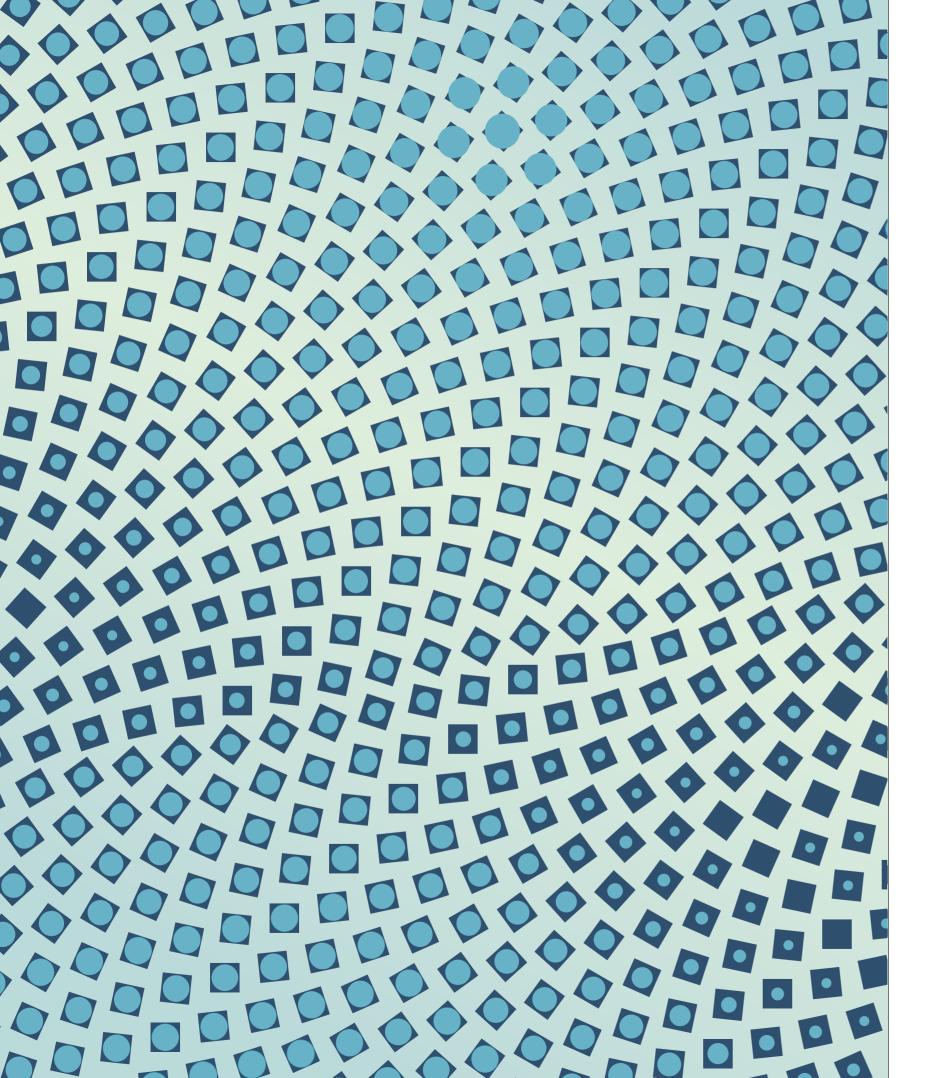
Leitung

Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW)

### jung weiblich technikaffin

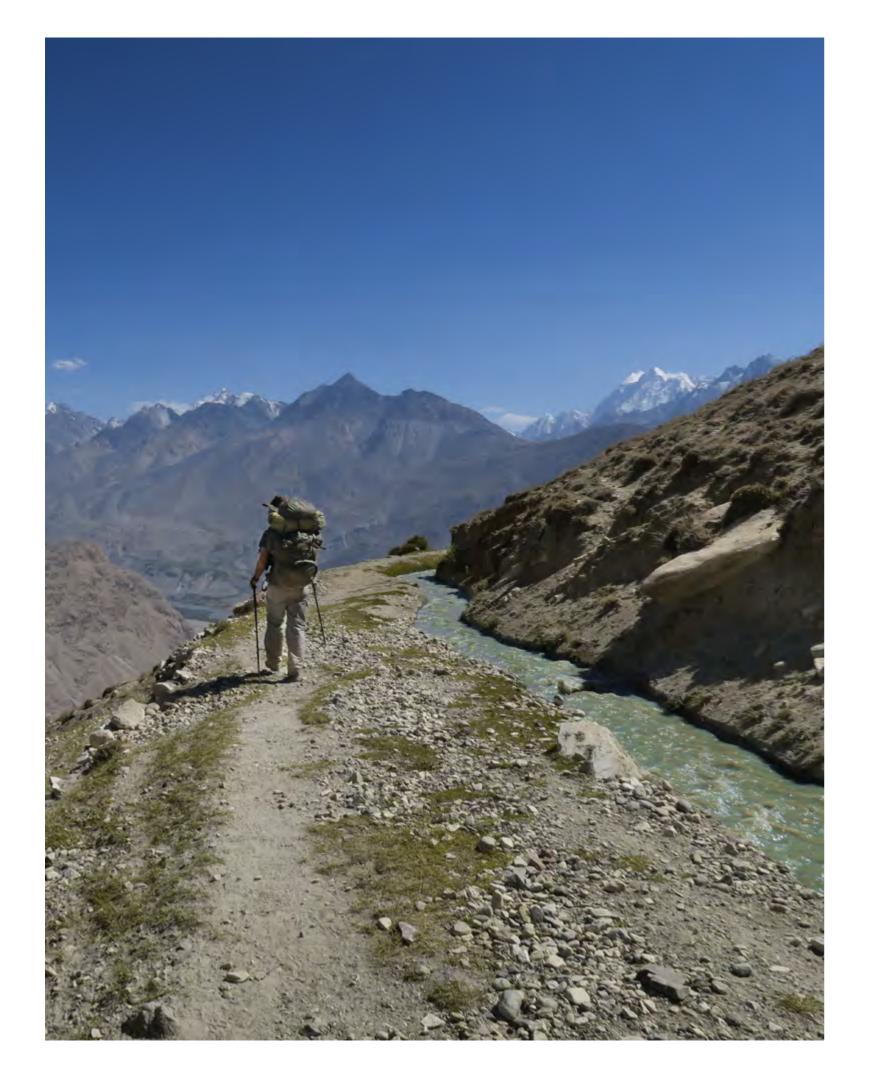
### Innovation

Viel zu wenige junge Frauen entscheiden sich für einen technischen Beruf, obwohl sie das Talent dazu hätten. Das Mentoring-Programm «Swiss TecLadies» geht dieses Problem über positive weibliche Vorbilder an und trägt langfristig dazu bei, den Fachkräftemangel in Technik und Naturwissenschaft zu mindern.



# Aus dem Labor in den Markt

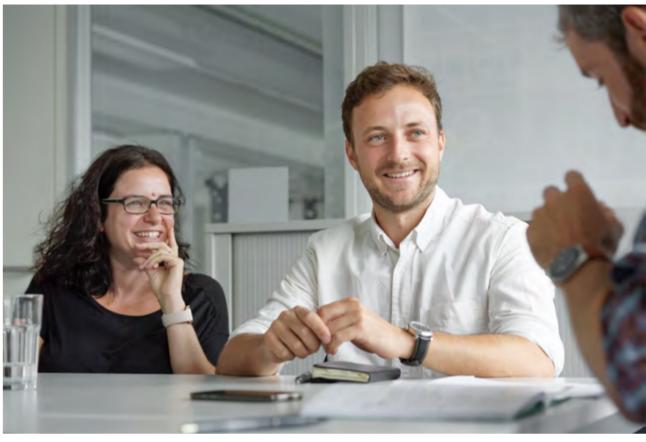
MedTechEntrepreneur-Fellowship



Ein fremdes Land entdecken. Im Gepäck gerade mal das Nötigste. Jeder Tag ein Abenteuer, von dem man nicht weiss, wie es ausgeht. An seine Grenzen kommen, in der Hoffnung, dass es nicht zuviel wird. Wenn es klappt, tiefe Befriedigung und Euphorie. Ein solches Lebensgefühl kann sich nicht nur beim Reisen in fremde Welten einstellen, sondern auch - wenn man ein Start-up gründet.

### Gesundes vermarkten





Haben das Labor verlassen, um ihre Erfindung jedermann zugänglich zu machen: die erfolgreiche Unternehmensgründerin Daniela Marino und der Jungunternehmer Yannick Devaud.

Gut und gerne zehn Jahre kann es dauern, bis ein Spin-off aus dem Bereich Medizintechnik ein Produkt verkaufen kann. Denn es braucht hohe Investitionen, und die Regulierungsverfahren sind aufwändig und teuer. Entsprechend versickern zahlreiche medizinische Erkenntnisse in den Universitäten, selbst wenn sie für viele Menschen hilfreich sein könnten. Um das zu ändern, hat die Universität Zürich das Förderprogramm MedTechEntrepreneur-Fellowship geschaffen. Es wird von der Werner Siemens-Stiftung finanziert und fördert Nachwuchsforschende der Universität Zürich, die ein medizintechnisches Spin-off gründen möchten

Im Sommer 2018 wurde das erste Fellowship vergeben. Fünf Projekte aus den Bereichen Krebsforschung, Regenerative Medizin, Molekularbiologie sowie Cell and Tissue Engineering bewarben sich darum. Zwei davon werden nun mit je 150 000 Franken unterstützt.

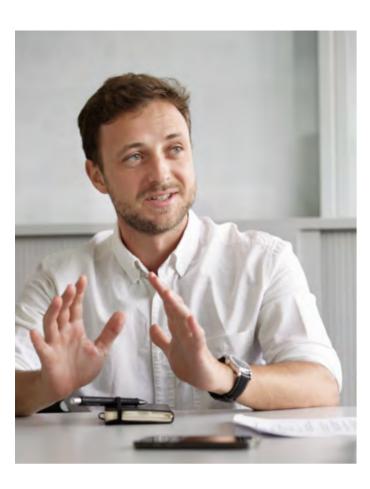
Einer der ersten Fellows ist der Biotechnologe Yannick Devaud, 30. Im Gespräch mit der erfahrenen Unternehmerin Daniela Marino, 36, erfährt er, worauf es bei der Gründung seines Spin-offs ankommt. Marino studierte wie Devaud einst Biotechnologie. Im März 2017 gründete sie mit der Cutiss AG ihre eigene Firma.

Herr Devaud, im Juli wurden Sie als einer der ersten mit dem MedTechEntrepreneur-Fellowship der Werner Siemens-Stiftung gefördert. Wofür brauchen Sie das Geld? Yannick Devaud: Wenn schwangere Frauen operiert werden, geschieht es häufig, dass die Membran der Fruchtblase zerstört wird. Dann kommt es zu Frühgeburten, welche die Babys oft nicht überleben. Mein Ziel ist es, die

Membran nach dem Eingriff mit einer Art Pflaster zu schützen. Während meiner Doktorarbeit an der Universität Zürich habe ich ein Gerät entwickelt, mit dem das möglich ist. Das möchte ich nun weiterentwickeln. Die 150 000 Franken des Fellowship werden hauptsächlich mein Salär für die nächsten eineinhalb Jahre abdecken.

Was sind die nächsten Schritte auf dem Weg zum Unternehmer?

Yannick Devaud: Zuerst werde ich einen Prototyp entwickeln und testen. Im Frühling 2019 sollten erste Experimente an Schafen möglich sein. Nur wenn diese funktionieren, werde ich gegen Ende 2019 ein Start-up gründen. Die ersten Tests an Menschen plane ich, sobald die Bewilligungsverfahren durch sind, das wird in etwa drei bis vier Jahren der Fall sein.



Ratschlag von Unternehmerin Daniela Marino (unten) an Start-ups: So schnell wie möglich ein schönes Paket für die Investoren schnüren, damit mehr Geld fliesst. Dazu braucht es eine «Geschichte», die zeigt, was das Problem ist und warum man derjenige ist, der es lösen kann.



Frau Marino, Sie arbeiten in einem verwandten Gebiet. Ihre Firma Cutiss AG stellt personalisierte Hauttransplantate für die Behandlung nach Verbrennungen oder Tumorentfernungen her. Vor rund eineinhalb Jahren gründeten Sie die Firma, heute arbeiten zehn Leute für Sie. Warum entschieden Sie sich, Unternehmerin zu werden?

Daniela Marino: Mein Ziel war stets. dass das, was ich erforscht habe, jemandem hilft. Damit das möglich ist, gab es schlicht keine andere Möglichkeit, als aus dem wissenschaftlichen Projekt ein Spin-off zu machen. Denn Publikationen in Fachjournalen allein bringen Patientinnen und Patienten nichts. Und Pharmafirmen kaufen dir keine Ideen ab, die noch nicht ausreichend getestet worden sind, das ist ihnen schlicht zu riskant. Die Entscheidung, ein Start-up zu gründen, traf ich über Nacht - und habe sie nie bereut. Ich wache jeden Morgen mit einem Lächeln im Gesicht auf.

Ein Start-up zu gründen bedeutet aber auch viel Arbeit. Was waren die grössten Herausforderungen?

Daniela Marino: Am schwierigsten war es, ein Netzwerk aufzubauen. Als Wissenschaftlerin war ich es gewohnt, abgeschottet von der Aussenwelt in meinem Labor zu forschen.

Würden Sie das heute anders angehen? Daniela Marino: Ja, ich würde von Beginn an mehr Zeit an Netzwerkanlässen verbringen, auch wenn diese noch so langweilig sein sollten. Denn als Start-up hast du kein Geld, um für alles Spezialistinnen oder Spezialisten zu bezahlen. Also ist man auf sein eigenes Netzwerk angewiesen. Es gibt diese Leute, die pro bono helfen, die einfach wollen, dass eine gute Idee verwirklicht werden kann. Man muss sie nur finden.

Macht Networking auch Ihnen Sorgen, Herr Devaud?

Yannick Devaud: Zum Glück fällt es mir nicht allzu schwer, auf wildfremde Leute zuzugehen und ihnen dumme Fragen zu stellen.

Daniela Marino: Vorhin auf dem Gang hast du einfach Hallo zu mir gesagt. Ich dachte erst, wir würden uns kennen. Das finde ich gut, das ist charmant. Yannick Devaud: Wovor ich aber Respekt habe, ist die komplizierte und manchmal wohl auch qualvolle Arbeit bei den Regulierungsverfahren. Doch ich bin jemand, der gerne lernt. Und schliesslich habe ich mein Ziel vor Augen: Ich möchte diese Babys retten. Wenn ich dafür viel arbeiten muss, Kurse belegen, auch mal mühsame Dinge tun, dann ist das okay.

Welchen Rat würden Sie, Frau Marino, aufgrund Ihrer Erfahrung Herrn Devaud geben?

Daniela Marino: Du solltest so früh wie möglich ein schönes Paket für Investoren schnüren. Denn eher früher als später brauchst du mehr Geld. Was du ins Geschenk packst, ist dir überlassen, aber es muss sehr, sehr gut aussehen. Yannick Devaud: Was meinst du damit? Daniela Marino: Was du brauchst, ist eine Geschichte. Du musst zeigen, was das Problem ist und warum du derjenige bist, der es lösen kann. Dann wollen Investoren Zahlen sehen, wie viele Patientinnen sind betroffen, wie sieht die Konkurrenz aus, und so weiter. Glaub nicht, es ist zu früh dafür. Das alles braucht sehr viel Zeit, du solltest jetzt damit beginnen.

Frau Marino, als Sie vor vier Jahren anfingen, gab es noch kein MedTech-Entrepreneur-Fellowship der Werner Siemens-Stiftung. Hätte das geholfen? Daniela Marino: Auf jeden Fall. Es ist schwierig, Geld ausserhalb der klassischen Wissenschaftsförderung zu finden. Für das Regulierungsverfahren etwa braucht man schnell einmal 100 000 Franken. Zweckgebundene Gelder darf man dafür aber nicht verwenden. Wir hatten damals Glück und erhielten einen grossen Beitrag von der EU.

Was müsste sich ändern?

Daniela Marino: Ich hoffe, dass einige reiche Menschen hier in der Schweiz aufwachen. Sie haben Milliarden, geben aber keinen Cent aus. Es gibt so viele brillante junge Leute, ich treffe sie jeden Tag. Warum wird ihnen nicht mehr zugetraut? Es ist ja nicht so, dass sie damit einfach nur eine neue Kaffeemaschine bauen würden. Sie machen etwas, was der Gesellschaft hilft.

Es gibt doch sicher Risikokapitalgeber, die sich beteiligen möchten?

Daniela Marino: Klar, aber sie nehmen dich aus. Sie sagen, ich gebe dir eine Million, und die Firma gehört mir. Für mich war das nie ein Thema, und ich würde es auch nicht weiterempfehlen.

Ein Spin-off zu gründen heisst auch, Manager zu werden. Herr Devaud, können Sie sich vorstellen, die Wissenschaft hinter sich zu lassen?

Yannick Devaud: Es macht mir nichts aus, nicht der beste Wissenschaftler der Schweiz zu werden. Meine Fähigkeiten passen gut in die Business-Welt. Ich bin aber auch keiner, der nur Geld machen möchte. Wäre ich das, hätte ich einen gut bezahlten Job bei einem Grossunternehmen angenommen. Meine Motivation ist es, den Menschen zu helfen. Ich möchte, dass die Babys im Mutterleib gesund bleiben. Das ist eine sehr grosse Motivation.

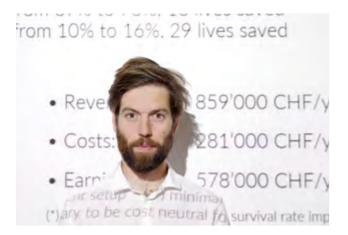
## 7 Stolpersteine auf dem Weg zum Erfolg

Der Zellbiologe Gabriele Gut sucht nach der optimalen Therapie für Krebs und will demnächst eine Firma gründen. Unterstützt wird er vom Förderprogramm MedTechEntrepreneur-Fellowship der Werner Siemens-Stiftung. Sein Spin-off soll Krebspatienten eine auf sie persönlich zugeschnittene Behandlung ermöglichen. Wird er es schaffen? Folgende 7 Punkte sind für ihn und allgemein für den Erfolg von Jungunternehmen entscheidend.



### 1. Idee

Am Anfang eines jeden erfolgreichen Jungunternehmens steht eine zündende Idee. Gabriele Gut hat eine solche Idee: Er entwickelte eine Technologie, die den Erfolg einer Krebsbehandlung steigert. Nach wie vor ist Krebs ja eine der häufigsten Todesursachen, und die richtige Therapie zu finden, ist schwierig, weil die Krankheit unzählige Formen annehmen kann und weil Patienten unterschiedlich auf die zur Verfügung stehenden Medikamente ansprechen. Für dieses Problem, das zahlreiche Patientinnen und Patienten betrifft, hat Gabriele Gut eine Lösung gefunden: Er kultiviert Tumorzellen der Krebskranken im Labor und testet, wie diese auf rund sechzig verschiedene Medikamente ansprechen. Danach bestimmt ein Algorithmus die ideale Kombination der Medikation für eine personalisierte Therapie.



### 2. Geld

Die Werner Siemens-Stiftung unterstützt die Idee von Gabriele Gut mit 150 000 Schweizer Franken Startkapital. «Ohne diese Unterstützung wäre ich kaum gestartet», sagt Gut. Nun kann er seine Idee während 18 Monaten finanziell abgesichert weiterentwickeln. Das Geld wird er für sein Salär sowie für Verbrauchsmaterial zur Produktentwicklung einsetzen. Für den Aufbau seines Labors sucht er bereits nach weiteren Geldgebern. Denn das ist teuer.

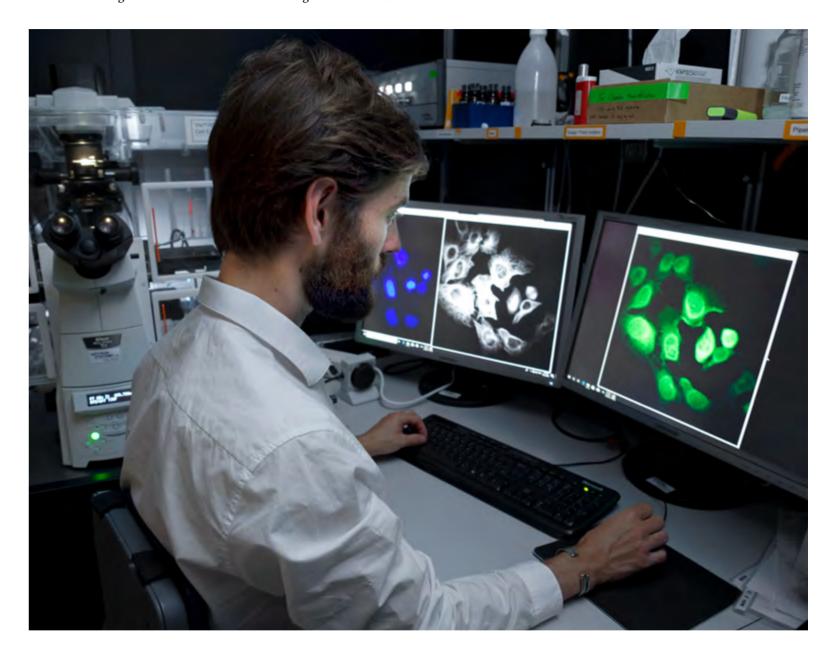


### 3. Coaching

Seit Jahren kann Gabriele Gut auf Feedbacks seines Chefs und Mentors Lucas Pelkmans von der Universität Zürich zählen. Coaching ist aber nicht nur in der Wissenschaft wichtig, sondern auch in Business-Angelegenheiten – etwa zu strategischen, finanziellen oder regulatorischen Fragen. Zum MedTechEntrepreneur-Fellowship gehören entsprechende Kurse, die für die Fellows obligatorisch sind. Für Gut ist es aber kein Müssen. «Viele Dinge sind total neu für mich. Da bin ich froh um Unterstützung.»

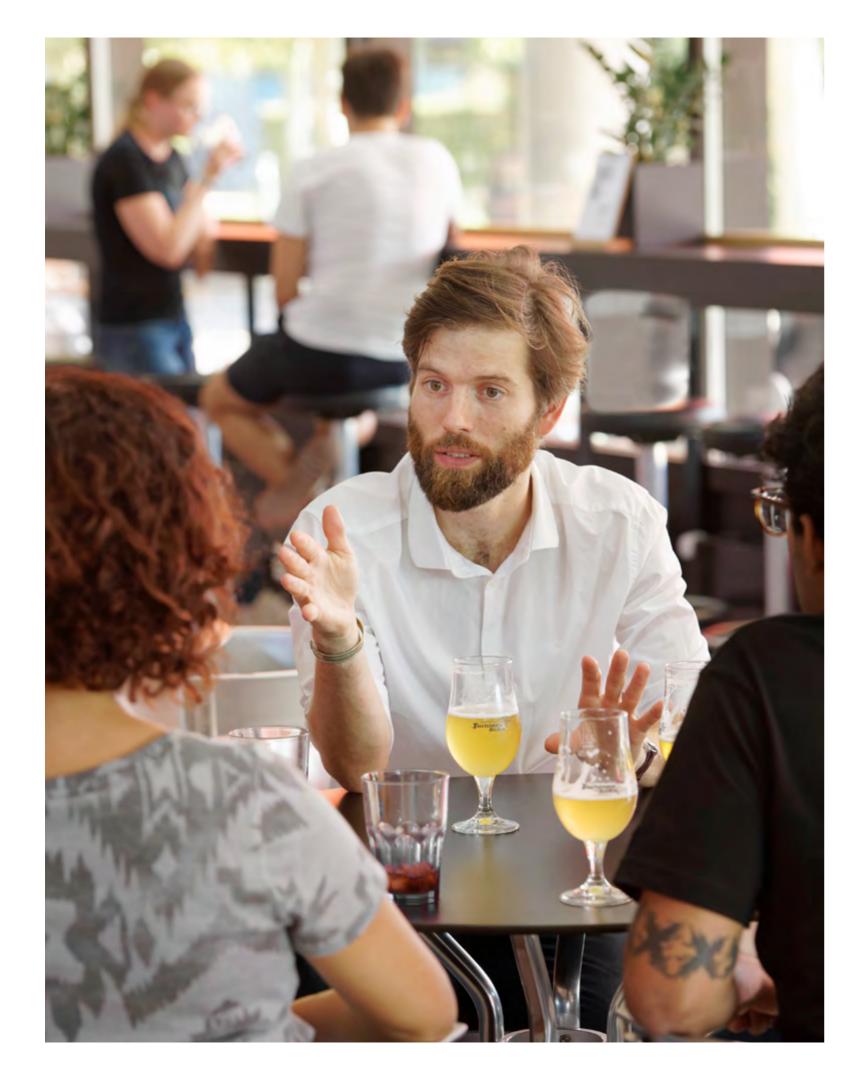
### 4. Infrastruktur

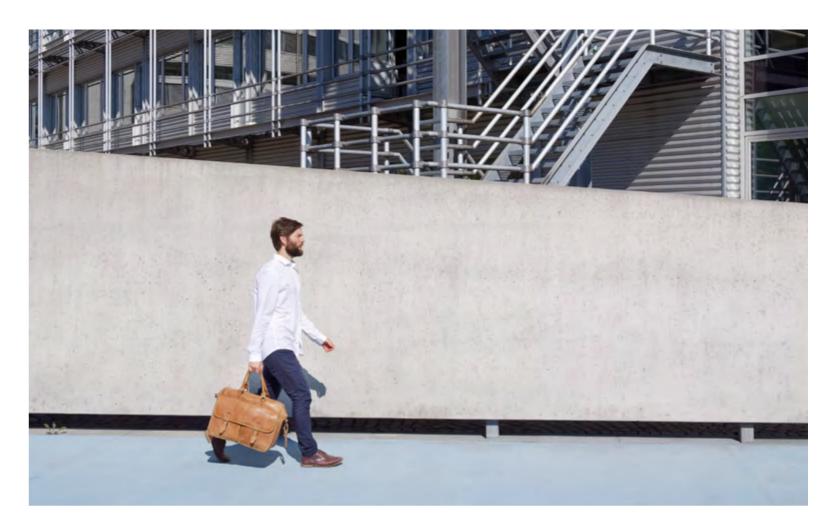
«Diese Spielzeuge» sind alle nicht ganz gratis», sagt Gabriele Gut und zeigt auf einige Mikroskope, die je zwischen 400 000 und einer Million Schweizer Franken wert sind. Bis er sich ein eigenes Labor leisten kann, wird er am Institute of Molecular Life Sciences der Universität Zürich weiterarbeiten und in Zukunft vielleicht das «UZH Life Science Incubator Lab» nutzen, dessen Ausstattung und Betrieb die Werner Siemens-Stiftung finanziert und wo alle notwendigen Geräte installiert werden.



### 5. Networking >>

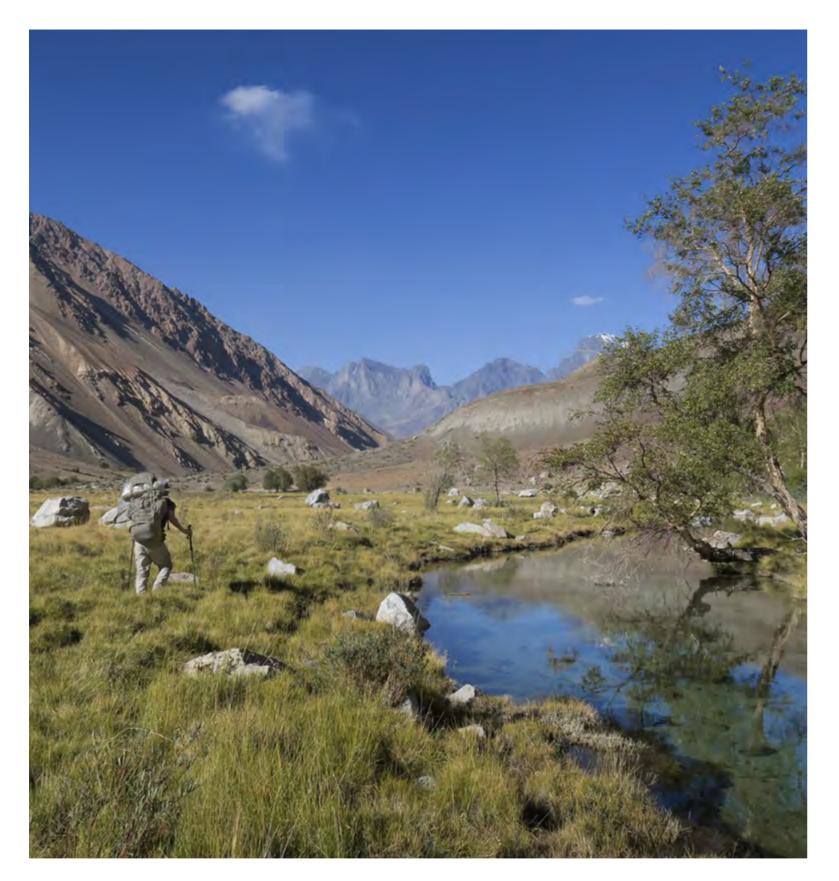
«Die Menge an E-Mails hat drastisch zugenommen», sagt Gabriele Gut. «Und zwar von Leuten, die über mein Projekt reden wollen.» Er ist sich bewusst, dass Networking zentral für den Erfolg seines Start-ups sein wird. «Ich bin auf die Hilfe und das Interesse anderer Leute angewiesen.» Um solche Beziehungen zu entwickeln, seien persönliche Treffen unabdingbar. In den Kursen des Fellowships, in denen Experten mit Start-up-Erfahrung oder Biotech-Hintergrund auftreten, kann er erste Erfahrungen mit gezieltem Networking sammeln.





### 6. Industrie

Etwas hat Gabriele Gut bereits gelernt: In der Privatwirtschaft muss er anders kommunizieren als in der Wissenschaft. «Meine Präsentationen drehe ich komplett um.» Während er sich vor Forschenden den grossen Knall bis zum Schluss aufspart, platziert er ihn für Business-Leute immer am Anfang. «Sonst sind die Leute weg.» Erste Feedbacks aus der Industrie seien positiv, so Gut. «Konkret ist aber noch nichts.»



### 7. Work-Life-Balance

Die Tage im Labor können lang sein. «Wenn ein Experiment zwölf Stunden dauert, dann dauert es zwölf Stunden», sagt Gabriele Gut. Umso wichtiger sind Pausen, um zu entspannen. Im Alltag kommt er beim Kochen auf andere Gedanken. So richtig abschalten kann der 28-Jährige auf mehrtägigen Wanderungen, weit weg und ohne Handy – wie etwa kürzlich mit seiner Partnerin in Tadschikistan. Die beiden schulterten ihre Rucksäcke mit Zelt, Schlafsack, Gasbrenner und Essen und liefen los. «Eine Woche abgeschnitten von allem zu sein, ist für mich etwa so erholsam wie drei Wochen am Strand.»

### Zahlen und Fakten

### Projek

Die Universität Zürich finanziert talentierte Nachwuchsforschende, die ein Unternehmen gründen wollen, in der Startphase. Neben Spin-offs aus der Biotechnologie werden dank der Unterstützung der Werner Siemens-Stiftung seit 2018 auch solche aus der Medizintechnik gefördert.

### Unterstützung

Die Werner Siemens-Stiftung finanziert den Aufbau des Förderprogramms MedTechEntrepreneur-Fellowship an der Universität Zürich, inklusive Ausstattung und Betrieb des «UZH Life Science Incubator Labs» auf dem Campus Schlieren. Jährlich kommen maximal fünf Nachwuchsforschende in den Genuss des MedTechEntrepreneur-Fellowships; es umfasst 150 000 Schweizer Franken sowie Infrastruktur, Coaching und Netzwerk.

Mittel der Werner Siemens-Stiftung

10,67 Millionen Franken für 10 Jahre (Überprüfung nach 4 Jahren)

Projektdauer

2018-2027 (Überprüfung nach 4 Jahren)

### Leitung

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

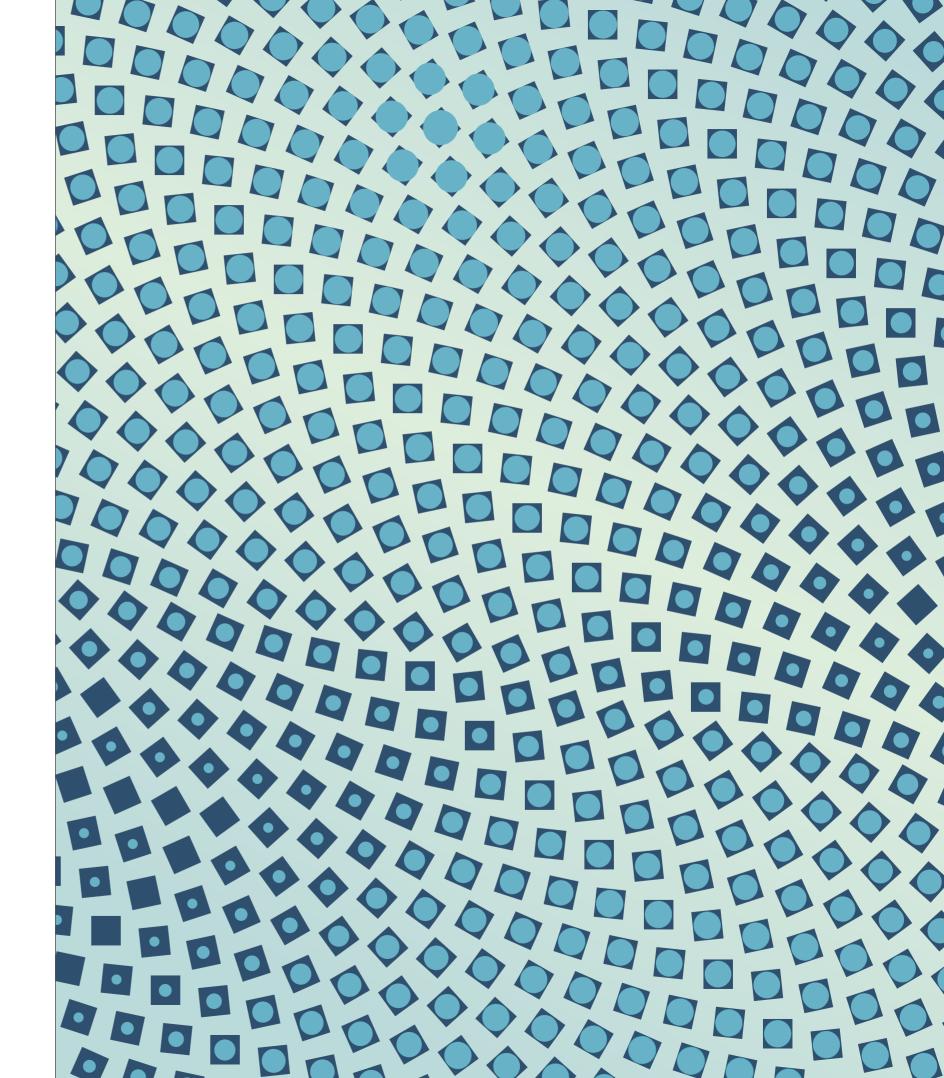
### Hauptpartner

Institut für Regenerative Medizin, Universität Zürich

## entdeckt vermarktet genutzt

### Innovation

Die Werner Siemens-Stiftung ist überzeugt, dass die Unterstützung von jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern auf dem Weg zum Unternehmertum wichtig ist, damit Entdeckungen in der Medizintechnik nicht in den Labors der Hochschulen verborgen bleiben, sondern der Gesellschaft Nutzen bringen.





# Virtual Reality im Spital

Update MIRACLE - minimalinvasive Knochenoperationen mit Laser

Durchbruch beim MIRACLE-Projekt: Seit Januar 2018 wird vor komplexen Operationen am Universitätsspital Basel die 3D-Software SpectoVR eingesetzt. Die Eigenentwicklung des MIRACLE-Teams zeigt Patientinnen und Patienten anschaulich, warum eine anstehende Operation nötig ist, und sie ermöglicht Chirurgen die optimale Planung und Umsetzung des Eingriffs – sogar von unterschiedlichen Orten aus.

Virtuell durch Blutgefässe, Knochen oder Gewebe «wandern» – die 3D-Software SpectoVR des MIRACLE-Teams macht es möglich

Schritt für Schritt kommen die Forschenden um die Professoren Philippe Cattin und Hans-Florian Zeilhofer am Department of Biomedical Engineering der Universität Basel ihrem Ziel, Knochen minimalinvasiv mit Hilfe von Laserlicht zu operieren, näher. Den Roboterarm, der das «Laser-Skalpell» präzise führen wird, haben sie 2017 entwickelt (siehe Report 2017). 2018 optimierten sie dessen Instrumente und entwickelten zum Beispiel einen sechs Millimeter kleinen Kraftsensor, der auf Druck und Zug reagiert. Einen weiteren Durchbruch schaffte MIRACLE mit der Navigationssoftware SpectoVR.

SpectoVR ist eine Software, die medizinische Daten, wie sie bei einer Computertomographie anfallen, in dreidimensionale Bilder umsetzt. Bis jetzt können damit Gewebe, Knochen oder Blutgefässe in 3D dargestellt werden. Mit Hilfe einer Spezialbrille

Durchbruch bei der 3D-Darstellung

kann man so durch den Körper navigieren und die zu operierenden Stellen anschauen. Es ist möglich, den Arterien zu folgen, die Wirbelsäule um die eigene Achse zu drehen oder das Gewebe von allen Seiten zu betrachten.

Am Universitätsspital Basel wird SpectoVR seit Januar 2018 eingesetzt. Das dreidimensionale Bild des Körperteils, der operiert werden muss, erleichtert es den Ärzten und Ärztinnen, einen komplexen Eingriff virtuell zu planen. Darüber hinaus profitieren aber auch die Patienten während der Aufklärung in der Sprechstunde von dieser Technologie, da sie nun besser nachvollziehen können, warum eine Operation notwendig ist und wie diese ablaufen wird.

### Für komplexe Eingriffe

Die Chirurgen und Chirurginnen am Universitätsspital Basel können schwierige Operationen – etwa an erweiterten Hirngefässen oder Arterien (Aneurysma) oder an der Wirbelsäule mit SpectoVR vorbereiten. Für Neurochirurg Raphael Guzman ein klarer Gewinn: «Das virtuelle Eintauchen in das menschliche Gehirn erlaubt es uns zum Beispiel, die Feinheiten der kranken Gefässe beim Aneurysma aus allen Richtungen zu betrachten und besser zu verstehen. Die Operation wird dadurch sicherer und wahrscheinlich auch kürzer.» Auch in der Spinalen Chirurgie wenden Wirbelsäulenspezialisten zunehmend SpectoVR an. Der erste mit SpectoVR geplante Eingriff war ein Fall der rheumatischen Erkrankung Morbus Bechterew, die eine komplexe Fehlstellung der Wirbelsäule hervorgerufen hatte.

Patienten anschaulich informieren Das Universitätsspital Basel hat mehrere Räume mit der 3D-Software SpectoVR ausgestattet; dort können sich die Patienten nun vom behandelnden Arzt zeigen lassen, wo die Probleme liegen und wie sie sich im Körper auswirken. Das Angebot kommt bei den Patientinnen und Patienten gut an. «Nach einer ersten Operation an der Schulter verschwanden die Schmerzen nicht», erzählt einer der bereits behandelten Patienten. «Doch dank der 3D-Visualisierung konnten die Ärzte herausfinden, dass der Grund des Schmerzes ein eingeklemmter Nerv in der Nähe der Wirbelsäule war und dass ein zweiter Eingriff unumgänglich war. Die 3D-Bilder halfen mir, diese zweite Operation zu akzeptieren.»

### Gefragte Weltneuheit

Mit dem Programm SpectoVR können sich erfahrende Chirurgen mit Spezialisten aus anderen Ländern in Echtzeit über komplizierte Operationen austauschen – selbst über Kontinente hinweg. Dazu treffen sich die Ärzte und Ärztinnen im virtuellen 3D-Raum, den SpectoVR schafft, und diskutieren gemeinsam über die beste Operationsmethode. Dieser ortsunabhängige Austausch zu konkreten Fällen, den SpectoVR erlaubt, ist eine Weltneuheit, die international nachgefragt wird.

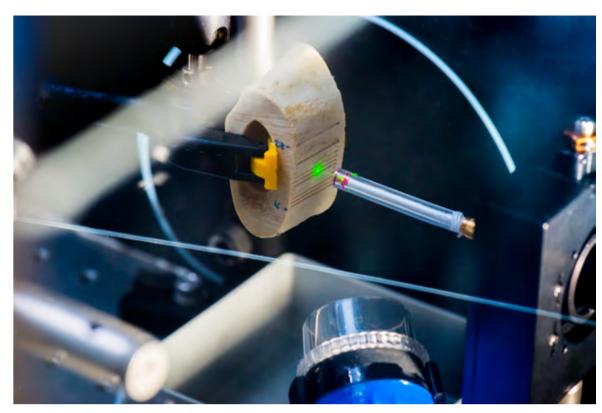
### Nützlich in der Ausbildung

Auch in der Ausbildung ist SpectoVR hilfreich, da die Software ein realistisches Bild des Körperinneren vermittelt, so dass angehende Chirurginnen und Chirurgen virtuell üben können – ähnlich wie Pilotinnen und Piloten im Flugsimulator das Fliegen üben. Bereits fand eine Sommerakademie zu SpectoVR statt.

In rund sieben Jahren soll SpectoVR als Steuerungsinstrument bei minimalinvasiven Knochenoperationen mit Laser (MIRACLE) eingesetzt werden. Im Jahr 2025 sollte es den Chirurginnen und Chirurgen möglich sein, den Roboterarm mit dem Laserstrahl mit Hilfe von SpectoVR präzise im Körper zu bewegen.

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

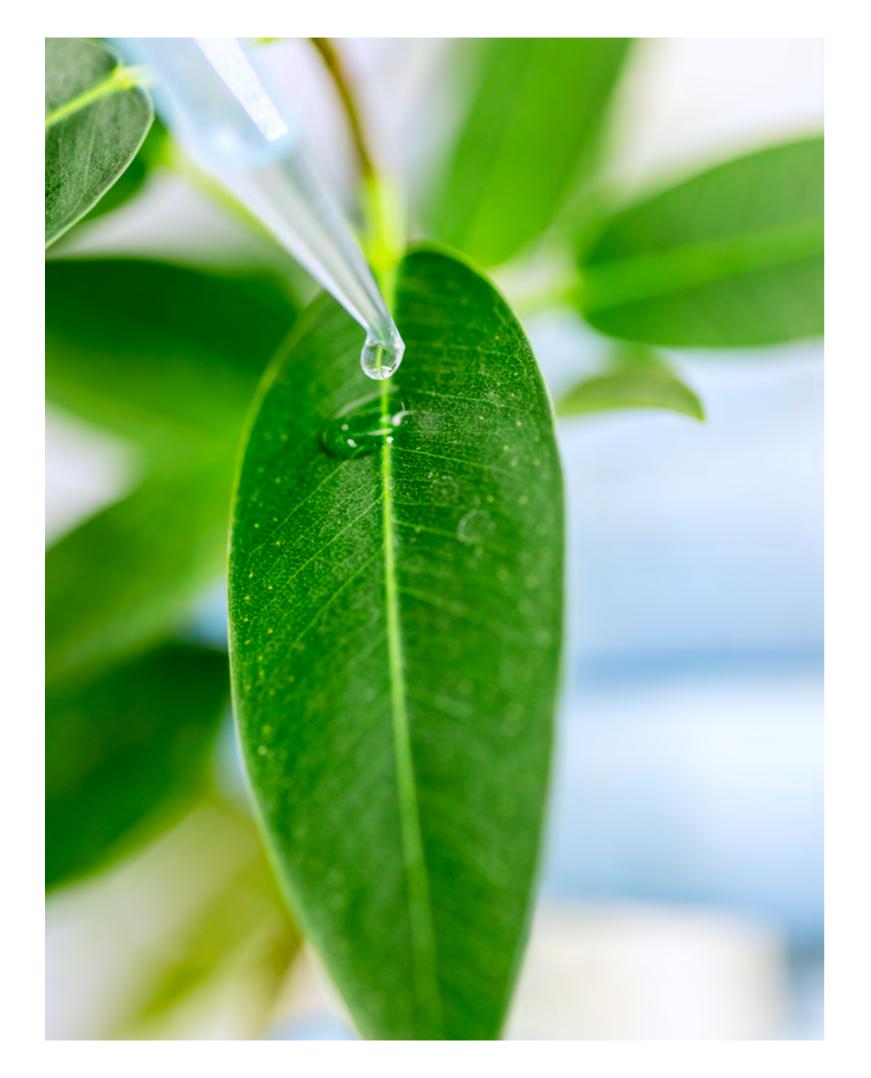
Projektdauer 2014-2021



Im Jahr 2018 wurde die Spitze von MIRACLEs Endoskop optimiert ...

... und an der intuitiven Steuerung des Roboters geforscht.





# Verdufte, Schädling!

Update Synthetische Biotechnologie – kleine Organismen, ganz gross

2018 war für die Bienen ein Glücksjahr. Ebenso für die Synthetische Biotechnologie. Im Februar 2018 verbot die EU die gängigen Insektizide aus der Gruppe der Neonicotinoide, von denen schon länger bekannt war, dass sie auch Nützlinge wie Bienen vernichten. Der Zufall wollte es, dass die Gruppe um Werner Siemens-Stiftungsprofessor Thomas Brück kurz danach ein biologisch abbaubares Pflanzenschutzmittel präsentieren konnte, das Insekten nicht vergiftet, sondern nur über den Duft vertreibt-wie Mückenspray. «Die Resonanz auf unsere Entwicklung war unglaublich», erzählt der Leiter der Synthetischen Biotechnologie an der Technischen Universität München.



Werner Siemens-Stiftungsprofessor Thomas Brück hat Erfolg mit seinem neuartigen Insektenspray: «Die Zuckerrübenproduzenten haben grosse Probleme mit Blattläusen und möchten schnell mit uns das Thema Pflanzenschutz angehen.»

Seit die sieben weltweit zugelassenen, hochwirksamen Insektizide aus der Gruppe der Neonicotinoide in der EU verboten sind, herrscht Aufregung in der Landwirtschaft. Ein Ersatz muss her, und zwar schnell. Insbesondere die Produzenten von Zuckerrüben und Weizen – den zwei wichtigen Agrarpflanzen in Deutschland – brauchen sofort neue Pflanzenschutzmittel.

Zwar war schon länger bekannt, dass Neonicotinoide nicht nur saugende und bohrende Schädlinge wie Blattläuse oder Mottenschildläuse töten, sondern auch Bienen, Hummeln, Schmetterlinge, Käfer, Grashüpfer und andere Nützlinge. Das Kontakt- und Frassgift greift deren Nervensystem an, was zu Krämpfen und schliesslich zum Tod führt. Trotzdem setzte man die Neonicotinoide in der Landwirtschaft weiter im grossen Stil ein. Bis eine Studie von Wood und Goulson 2017 ihre schädliche Wirkung auf das Ökosystem der wichtigsten Bestäuber aufzeigte. Auch die EU weiss, dass Bienen und andere Pflanzenbestäuber der «Kollateralschaden» des Einsatzes von Neonicotinoiden sind – und dass man sich diesen Kollateralschaden nach dem grossen

Bienensterben in verschiedenen Gebieten eigentlich nicht leisten kann. Denn ohne Bestäuber ist die Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln ernsthaft gefährdet.

Die EU erliess deshalb im Februar 2018 ein Verbot der Neonicotinoide. Seither erlebt Werner Siemens-Stiftungsprofessor Thomas Brück einen wahren Ansturm an Anfragen nach dem neuartigen Pflanzenschutzmittel, das sein Team aus der Synthetischen Biotechnologie an der Technischen Universität München (TUM) entwickelt hat.

### Fernhalten statt vergiften

Das innovative Pflanzenschutzmittel funktioniert nicht wie herkömmliche Insektizide, sondern wie ein Mückenspray. «Unser Bio-Insektenspray tötet keine Insekten, es vertreibt sie für eine gewisse Zeit», erklärt Brück. Der neuartige Insektenspray besteht zur Hauptsache aus Cembratrienol und ist biologisch abbaubar. Die Forscher und Forscherinnen der Synthetischen Biotechnologie liessen sich bei der Entwicklung des Wirkstoffs wie immer von einem in der Natur vorkommenden Organismus inspirieren – dieses Mal

von der Tabakpflanze. Diese erzeugt in ihren Blättern Cembratrienol. Mit diesem Molekül schützt sich der Tabak vor Schädlingen. Die Forschenden testeten den Wirkstoff bisher nur gegen Blattläuse – «die können nicht wegrennen und lassen sich deshalb gut auszählen», sagt Leiter Thomas Brück. Die Resultate waren sehr gut.

### Grosse Resonanz

Die TUM gab am 6. Juni 2018 eine Medienmitteilung dazu heraus. Das löste einen Ansturm an Anfragen aus. Das Landwirtschaftsministerium Bayern und sogar das Bundeslandwirtschaftsministerium meldeten sich. Ebenso die grossen Player der Agroindustrie, wie zum Beispiel der europaweit grösste Zuckerproduzent und Nahrungsmittelkonzern Südzucker aus Deutschland, aber auch Agrochemie-Unternehmen aus Holland, Österreich und der Schweiz.

### Gefährdeter Zucker

Besonders gefährdet ist in ganz Nordeuropa die Produktion von Zucker. Denn Zucker wird in Deutschland, England und den Benelux-Staaten

primär aus Zuckerrüben hergestellt. «Die Zuckerrübenproduzenten haben grosse Probleme mit Blattläusen, die einen Zuckerrüben gefährdenden Virus übertragen, und möchten schnell mit uns das Thema Pflanzenschutz angehen», sagt Thomas Brück. Als erstes arbeitet die Synthetische Biotechnologie deshalb mit dem Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ) an der Universität Göttingen zusammen, der zentralen Forschungseinrichtung, wenn es um die Entwicklung von Verfahren nachhaltiger Zuckerrübenproduktion in Deutschland geht. Das IfZ, das Landwirtschaftsministerium Bayern und das Bundeslandwirtschaftsministerium werden zusammen mit der TUM den Bio-Insektenspray in die Testung bringen, um dessen Wirkung auf zuckerrübenliebende Blattlausarten zu evaluieren.

### Erfolg steigern

«Der Wirkstoff Cembratrienol muss auch speziell formuliert werden», weiss Brück. «Den Wirkstoff in einer öligen Substanz zu formulieren würde die Verweilzeit und damit den Schutz der Pflanze signifikant verbessern.» Bei öligen Substanzen denkt Thomas Brück sofort an «seine» ölproduzierenden Hefen. Diese möchte er für die Verbesserung des Wirkstoffs einsetzen. «Wir haben begonnen, Öle, die mit dem abweisenden Duftstoff versehen sind, in genetisch optimierten Hefen zu produzieren», führt er aus, «so können wir den bereits formulierten Wirkstoff direkt auf die Zuckerrüben, Weizen und auf andere Pflanzen auftragen.» Der Wirkstoff soll auch Weisse Fliegen und Fruchtfliegen vertreiben (die den Obstanbau schädigen) und «könnte damit auch die aromatischen Walliser Aprikosen schützen». fügt er mit einem Augenzwinkern in Richtung Schweiz an.

### Mit einer Ausgründung zur Zulassung

Die Agrochemie-Industrie, die bei Thomas Brück ihr Interesse bekundet hat, gedenkt das innovative Pflanzenschutzmittel ihren eigenen Anwendungen beizufügen und so einen möglichst breiten Schutz zu erzielen. Der Werner Siemens-Stiftungsprofessor überlegt sich, eine Ausgründung (Spin-off) zu machen, die den Stoff herstellt und an die Agroindustrie verkauft. Wünschenswert fände Brück eine breite Anwendung des Pflanzenschutzmittels von der industriellen Landwirtschaft bis zum Privatgarten.

Dieses Ziel ist nicht einfach zu erreichen. Die grösste Hürde sind die Regularien der EU für die Zulassung neuer Agrochemikalien. «Es dauert drei bis fünf Jahre, bis ein neuer Wirkstoff zugelassen ist», sagt Brück. In dieser Zeit wird die Synthetische Biotechnologie noch selbst Geld in die Hand nehmen müssen, wie Brück ausführt, um den ersten Erfolg zu einem ganz Grossen werden zu lassen.

### Öl und Folsäure von Algen

Auch bei anderen Projekten können die Forschenden der Synthetischen Biotechnologie im Jahr 2018 Fortschritte vermelden. Die ölproduzierende Mikroalge Microchloropsis sp. hat sich als Leitstamm entpuppt: Sie wächst schneller und bindet mehr Öl als andere Algenarten. Die Alge *Dunaliella* sp. hingegen ist bei der Produktion von Folat (Folsäure) besser. Sie produziert sehr hohe Folat-Werte, zehnmal so hoch wie jene, die man in folsäurehaltigen Gemüsen wie weissen Bohnen oder Früchten wie Honigmelonen findet. In den nächsten zwei Jahren soll das Verfahren zur Produktion von Folsäure in Form von Lizenzen der Patente vermarktet werden.

### Krebsmittel Taxol

Auch das Projekt der nachhaltigen Herstellung des Krebsmittels Taxol konnte erfolgreich abgeschlossen werden. Es wurde ein neuer Weg gefunden, um den Vorläuferstoff von Taxol herzustellen. Aus diesem Vorläuferstoff können Firmen das begehrte Taxol produzieren. Das Interesse der Pharmaindustrie besteht; das Zulassungsverfahren bei neuen Pharmazeutika ist jedoch äusserst anspruchsvoll und teuer. «Das ist hohe Kür», umschreibt es Thomas Brück, «das können nur grosse Pharmaunternehmen stemmen, denn der Investitionsbedarf beträgt schnell einmal 100 Millionen Euro, bis ein Prozess zertifiziert ist.» Welches Pharmaunternehmen darauf einsteigt, ist noch offen.

Um die erarbeitete Technologieplattform zur Taxol-Herstellungweiter auszubauen und zu diversifizieren, wurde
nun ein EU-Antrag mit Partnern aus
Frankreich, Israel, Italien, Australien,
Österreich und Deutschland eingereicht. Darin geht es um die Nutzung
der Synthetischen Biologie zur Herstellung neuer Krebstherapeutika, Antibiotika und entzündungshemmender
Wirkstoffe für den Pharmabereich.

Bioreaktor aus dem 3D-Drucker Und last but not least ist Thomas Brück auch seinem Traum des perfekten Bioreaktors näher gekommen, in dem man oben Hefen und Algen hineingeben könnte und unten die gewünschten Produkte wie Öl oder Taxol herauskämen. Anfang 2019 wird ein wichtiger Schritt getan sein – die neuen Laborräume, die mit modernster Infrastruktur ausgestattet sind, können bezogen werden. Dann kann es erst richtig losgehen mit dem 3D-Druck des Bioreaktors. Methodisch wird sich die Synthetische Biotechnologie bei diesem Projekt von der Lebensmittelindustrie inspirieren lassen, und nicht von der Natur. Bereits heute arbeiten Lebensmittelkonzerne wie Nestlé oder Danone an der Konsistenz für breiige Nahrungsmittel aus dem 3D-Drucker. Dieses Verfahren wird die Synthetische Biotechnologie für ihre Zwecke modifizieren. Noch haftet dem Unterfangen etwas Futuristisches an. Zehn Jahre wird es vermutlich schon noch dauern, bis aus 3D-Druckern alles Mögliche wie schöne, neue Nahrungsmittel und

### Proiekt

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

ganze Bioreaktoren herauskommen.

Mittel der Werner Siemens-Stiftung 11,5 Mio. Euro

### Projektdauer

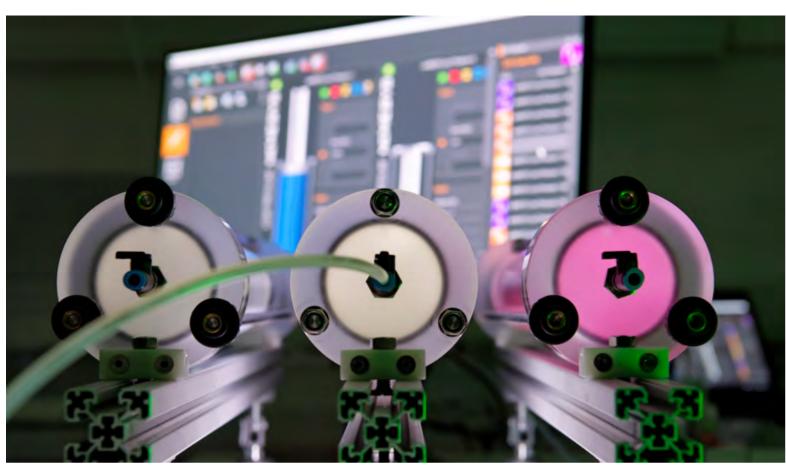
2016-2021

### Leitung

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

### Partner (Insektenspray)

Kuratorium für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau; Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL); Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten; Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (Deutschland); Institut für Zuckerrübenforschung an der Universität Göttingen; Südzucker AG; W. Neudorff GmbH KG (Deutschland); Andermatt Biocontrol AG (Schweiz); Clariant (Schweiz)



Welcher Stoff transportiert die Wärme im Erdinneren am besten an die Erdoberfläche? - CO2!

# Aus Erdwärme wird Strom

Update Tiefen-Geothermie – Energie aus dem Erdinneren

Die Geothermie-Forschenden um Werner Siemens-Stiftungsprofessor Martin O. Saar arbeiten an einer völlig neuen Art der Stromerzeugung: Sie holen Tiefenwärme mit Hilfe von CO<sub>2</sub> aus dem Untergrund und entfernen so gleichzeitig das schädliche Treibhausgas aus der Atmosphäre – was die Klimaerwärmung drosselt.

Tiefengeothermie-Kraftwerke könnten den Ausstoss von CO2 deutlich verringern helfen und grosse Mengen erneuerbarer Energie liefern, ist Martin O. Saar überzeugt. Doch in den meisten Gegenden der Welt, so auch in der Schweiz, muss bis zu 5 Kilometer tief gebohrt werden, um eine für die Energiegewinnung nützliche Temperatur zu erreichen. Da das Gestein in solchen Tiefen nahezu undurchlässig ist, wird versucht, mit eingepresstem Wasser das Gestein aufzubrechen, um die Wärme heraufzuholen - was allerdings Erdbeben auslösen kann. Bisher gibt es kein zufriedenstellendes Petrothermal-System für die Stromerzeugung.

### Wärmetransporter CO<sub>2</sub>

Vor einigen Jahren kam Professor Martin O. Saar zusammen mit einem Doktoranden in den USA auf die Idee, CO<sub>2</sub> als Wärmetransporter einzusetzen. Denn CO<sub>2</sub> hat unter einem bestimmten Druck im überkritischen Aggregatzustand besonders günstige Eigenschaften, um schon relativ geringe Wärme zu transportieren und durch Gestein hindurchzuströmen. Mit dieser innovativen Methode liesse sich die Erdwärme in der Tiefe an vielen Standorten nutzen und, was ebenso dringend ist, der CO<sub>2</sub>-Ausstoss in die Atmosphäre drosseln, indem das Treibhausgas permanent im Untergrund gelagert würde.

Aus der Idee sind inzwischen ein Patent und eine Firma geworden.
Martin O. Saar liess seine «Carbon Dioxide Plume Geothermal – CPGTM»-Technologie patentieren und gründete die Firma «TerraCOH» in den USA, welche die CPG-Technologie vermarktet. Die Weiterentwicklung wird nun die neu gegründete Firma CO2 POWER auch in Europa und weiteren Ländern kommerzialisieren; sie soll demnächst als ETH-Spin-off in Zürich starten.

### CO<sub>2</sub>-Turbine

Derzeit entwickeln die Forschenden das erste Geothermie-Kraftwerk, das CO<sub>2</sub> für den Wärmetransport aus der Tiefe nutzen soll und es darüber hinaus in grossen Mengen auch unterirdisch speichert. Zusammen mit einer internationalen Energiefirma entwickeln Martin O. Saar und sein 20-köpfiges Team eine CO<sub>2</sub>-Turbine für den neuen Kraftwerk-Typ. Der erste Test ist bereits für 2020 geplant und findet im geschlossenen Kreislauf an der Erdoberfläche statt. Später wird der CO<sub>2</sub>-Kreislauf auch durch den Untergrund geführt, wofür noch ein passender Standort auf der Welt gesucht wird – mit einem salzhaltigen und darum nicht nutzbaren Wasserreservoir in 2 bis 3 Kilometern Tiefe. Das CO2 wird in das Reservoir gepresst, erwärmt sich und wird dann wieder gefördert, damit es zur Energiegewinnung durch Turbinen geleitet werden kann. Anschliessend wird es in dasselbe Reservoir zurückgeführt.

### Ultraeffiziente Erdbatterie

Doch damit lassen es die Forschenden um Martin O. Saar nicht bewenden. Sie entwickeln vielmehr ihre CPG-Technologie zu einer riesigen, ultra effizienten Erdbatterie weiter und stehen damit kurz vor dem nächsten Patent. Die Erdbatterie soll anderen erneuerbaren Energien dienen – wie Wind- und Solarenergie, die nur zeitweise zur Verfügung stehen und daher einen Energiespeicher benötigen, um dauerhaft Energie bereitstellen zu können.

Dieser Speicher kann als Teil des  $\mathrm{CO}_2$ -Geothermie-Kraftwerks (CPG) Energie von Stunden bis Monaten im Giga-Watt-Stunden-Bereich speichern. Zudem kommt bei der Freigabe durch die zusätzliche geothermische Energie dreimal soviel Energie aus dem Untergrund, wie man eingespeist hat.

Klimafreundliche Energiegewinnung Laut der International Energy Agency (IEA) und dem Intergovernmental Panel on Climate Change gibt es auf der Erde genügend Reservoirs, um mehr als 100 Jahre lang alle vom Menschen verursachten CO2-Emissionen darin zu speichern. «Wenn nur ein Bruchteil davon mit einem CO2-Geothermie-Kraftwerk gekoppelt wäre und manche davon eine Erdbatterie hätten, wäre das ein erheblicher Beitrag sowohl zur Energiesicherung für die Menschheit als auch zur Reduzierung der Erderwärmung», ist Werner Siemens-Stiftungsprofessor Martin O. Saar überzeugt.

### Unterstütztes Proiekt

Entwicklung von Verfahren der Erdwärmenutzung für die Stromerzeugung, insbesondere die klimafreundliche Nutzung von  $\mathrm{CO}_2$  für Wärmetransport und Einspeicherung im Untergrund.

Mittel der Werner Siemens-Stiftung 10 Mio. Schweizer Franken, auf 10 Jahre verteilt

Projektdauer 2015–2025

### Leitung

Prof. Dr. Martin O. Saar, Werner Siemens-Stiftungsprofessor für Geothermie an der ETH Zürich

### Akademische Partner

- ETH Zurich (verschiedene Institute)
- University of Minnesota (USA)
- Ohio State University (USA)
- Lawrence Livermore National Laboratory (USA)
- GeoForschungszentrum Potsdam (D)

### Industriepartner

- Siemens
- CO2 POWER
- TerraCOH, Inc.

# Fulminanter Atomschalter

Update zum Zentrum für Einzelatom-Elektronik und -Photonik – der Mikrochip von morgen



Der Mikrochip der Zukunft soll 100-mal kleiner und 100-mal energiesparender sein. Das haben sich die Forscher des von der Werner Siemens-Stiftung finanzierten Zentrums für Einzelatom-Elektronik und -Photonik auf die Fahne geschrieben. Nach knapp einem Jahr zeigt sich, dass das ehrgeizige Ziel der Forscher keine Utopie ist-im Gegenteil.

Obwohl er sein Leben der Physik verschrieben und dafür schon diverse namhafte Preise erhalten hat, ist ETH-Professor Jürg Leuthold immer wieder verblüfft. «Am einen Tag denken wir, die Grenzen der Physik seien erreicht. Am nächsten entdecken wir, dass noch viel mehr möglich ist.»

Es ist noch nicht lange her, da war Leuthold überzeugt, dass die Miniaturisierung von Mikrochips an ihre Grenzen gestossen ist. Denn: Je kleiner die Chips sind, die wir für Handys genauso brauchen wie für Kaffeemaschinen, desto weniger effizient arbeiten sie. Dann machte Leuthold, der seit Jahren auf dem Gebiet der Photonik forscht, eine bahnbrechende Entdeckung: Statt wie bisher durch Elektronen können die Mikrochips der Zukunft auf der Basis einzelner Atome oder Ionen schalten. «Damit funktionieren sie ähnlich wie unser Gehirn», sagt Leuthold. Und sind viel effizienter als herkömmliche Mikrochips. Das Potenzial, das noch ausgeschöpft werden kann, zeigt sich bei Computern derzeit noch als Verlust von Energie in Form von Abwärme. «Unser Gehirn leistet viel

mehr», sagt Leuthold, «braucht aber dennoch keine Kühlung.»

Jürg Leuthold ist Professor an der ETH Zürich und Leiter des Instituts für Elektromagnetische Felder. Gemeinsam mit Professor Thomas Schimmel vom Karlsruher Institut für Technologie und Professor Mathieu Luisier von der ETH Zürich hat er sich daran gemacht, die Halbleiterindustrie zu revolutionieren und eine neue Art Mikrochip zu entwickeln, der 100-mal kleiner und 100-mal energiesparender ist – bei mindestens gleich schneller Datenverarbeitung. Die Werner Siemens-Stiftung unterstützt sie dabei - indem sie 2017 den Aufbau des Zentrums für Einzelatom-Elektronik und -Photonik finanziert hat.

Energieeffizienter, als gedacht
2018 hatte Jürg Leuthold wieder
einmal Grund zum Staunen. Denn die
Untersuchungen der Karlsruher
Gruppe verschoben die Grenze dessen,
was Forscherkreise als physikalisch
machbar erachtet hatten. «Noch vor
kurzem dachten wir, dass eine
einzelne Schaltung mindestens 40 bis
50 Millivolt Energie braucht», so
Leuthold, «bei den Studien genügten
unter Laborbedingungen aber bereits
6 Millivolt.»

Rechnet man dies hoch, könnten Mikrochips in Zukunft nicht nur 100-mal, sondern bis zu 10 000-mal energieeffizienter sein. Zwar ist es von der Theorie in die Praxis noch ein weiter Weg. Doch die Ergebnisse zeigen, dass es durchaus erlaubt ist, die Mikrochips von morgen dank der Einzelatom-Technologie in völlig neuen Dimensionen zu denken.

Beim Projektstart setzten sich die Forscher das Ziel, bis 2021 einen ersten Prozessor mit zwanzig Bauteilen zu entwickeln und bis 2025 komplexere Prozessoren zu bauen. Ein knappes Jahr später erachtet Leuthold diesen ehrgeizigen Fahrplan nach wie vor als realistisch. Man habe nicht nur beim Energieverbrauch gewaltige Fortschritte gemacht, sondern auch bei der Geschwindigkeit. Ausserdem funktioniere die Technologie immer zuverlässiger.

Erster digitaler Fotodetektor Die Forscher der ETH sind derzeit dabei, die verschiedenen Teile zu bauen, die für den mit einigen Nanometern winzig kleinen Atomschalter nötig sind. Bereits letztes Jahr gelang die Entwicklung eines Modulators, der ein elektrisches in ein optisches (Licht-)Signal verwandelt. Nun haben die Forscher auch dessen Gegenstück, einen Foto-Detektor, vorgestellt. Es handelt sich dabei um den kleinsten je gebauten sowie um den ersten digitalen Fotodetektor überhaupt. Trotzdem gibt sich Leuthold noch nicht zufrieden: «Beim Energieverbrauch können wir noch optimieren.»

Als nächstes soll das wohl wichtigste Bauteil für den Atomschalter entwickelt werden: der sogenannte Transistor, eine Art «Ein-/Aus-Schalter». Er soll dereinst zu Milliarden in Mikrochips eingebaut werden – entsprechend wichtig ist seine kleine Grösse und sein geringer Energieverbrauch. Ebenfalls im Verlauf des nächsten Jahres soll das Memory-Bauteil entstehen, mit dem Informationen abgespeichert werden können.

Mittlerweile arbeiten zehn auf Elektrotechnik, Materialwissenschaften und Grundlagenphysik spezialisierte Experten und Expertinnen in Zürich und Karlsruhe am Projekt – vier weitere sollen noch dazukommen. Ihre Resultate publizieren die Forscher regelmässig in renommierten Fachzeitschriften. Das zahlt sich aus: Nicht selten kommt es vor, dass angesehene Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler von weit her anreisen, um sich aus erster Hand zu informieren. «Für uns ist das ein Zeichen dafür, dass unser Projekt immer sichtbarer wird», freut sich Jürg Leuthold.

Mittel der Werner Siemens-Stiftung 12 Mio. Schweizer Franken

Projektdauer 2017–2025

### Projektleitung

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

### Partner (Auswahl)

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

# Gedankenwandern

Begabtenförderung in den MINT-Fächern – Sommerakademie 2018 in Magliaso



Kai Sandbrink interessiert sich für das Bewusstsein und die Funktionsweise des Gehirns. Er studiert Neuroinformatik und geht für ein Semester an die Tsinghua-Universität in Peking. Seine Masterarbeit möchte er in den USA schreiben. Während des Bachelors war er zwei Semester in Hongkong. Zuerst erlangte er einen Bachelor in Umweltingenieurwissenschaften, dann noch einen in Biotechnologie, weil er sich schon immer für viele verschiedene Themen interessierte. Er ist zurzeit Stipendiat der Werner Siemens-Stiftung.

Johannes Fankhauser hat einen unstillbaren Durst nach Wahrheit über die Welt und die Natur und hat deshalb Physik studiert. Im Verlauf seiner Masterstudien in Physik an der ETH Zürich sowie in Philosophy of Physics an der Oxford University hat er herausgefunden, dass Theorie nicht unhinterfragt anzuwenden ist. Im nächsten Semester beginnt er ein Doktoratsstudium in Theoretischer Physik in Oxford. Er war Stipendiat der Werner Siemens-Stiftung.

Anja Meier hält in gesellschaftlichen Fragen die richtige Kombination aus Idealismus und Realismus für wichtig. Sie interessiert sich für eine nachhaltige und qualitativ hochstehende internationale Zusammenarbeit, besonders im zivilen Bereich. Sie studiert Internationale Beziehungen in Genf und kann sich gut vorstellen, in ihrer Bachelorarbeit das Thema Digitalisierung in internationalen Beziehungen zu untersuchen. Im Frühling 2019 geht sie für ein Austauschsemester an die Universität St. Petersburg, Russland.

Studienalltag bedeutet oft büffeln, Prüfungen ablegen, Punkte sammeln. Für Reflexion bleibt wenig Zeit. In diese Lücke springt die Schweizerische Studienstiftung mit ihren Sommerakademien – die von der Werner Siemens-Stiftung unterstützt werden.

In den Sommerakademien in Magliaso im Tessin können sich begabte
Studierende eine Woche lang in interdisziplinären Gruppen in ein Thema vertiefen. Im Jahr 2018 ging es um Digital Societies, um Determinismus und freien Willen sowie um Reproduzierbarkeit und Kopie. – Weshalb besuchen Studentinnen und Studenten in ihrer vorlesungsfreien Zeit eine Sommerakademie? Was bringt es ihnen? Wir haben drei Teilnehmende gefragt – Kai Sandbrink, Anja Meier und Johannes Fankhauser.

Sie studieren an hervorragenden Schweizer Hochschulen. Was bietet die Sommerakademie, das darüber hinausgeht?

Johannes Fankhauser: Hier kann man wie von aussen auf die Sachen schauen Hinzukommt, dass fachfremde Leute in einer Arbeitsgruppe gemischt werden. Das gibt ein förderliches Klima und erweitert den Horizont. Kai Sandbrink: Mir gefällt es, dass ich hier Dinge machen kann, die gerade nicht spezifisch mit meinem Studienfach Neuroinformatik zu tun haben. Es war mir immer wichtig, über das eigene Fach hinauszublicken. Anja Meier: In meiner Akademie sitzen zum Beispiel auch Juristen und Nanotechniker. Es ist spannend, zusammen über Chancen und Risiken des Internets zu diskutieren. Der eine findet es eine geniale Sache. Der andere fragt skeptisch nach, was es mit unserer Gesellschaft macht.

Sie alle besuchen Sommerakademien, deren Thema nicht viel mit Ihrer Studienrichtung zu tun hat – zum Beispiel Physik und freier Wille. Weshalb?

Fankhauser: Mich interessierten an der Physik schon immer grundlegende Fragen wie: Was ist eigentlich die Natur der Realität? Wo kommt alles her? Durch mein zweites Studium der Philosophie der Physik habe ich ein Mindset kennengelernt, das hilft, bekannte Konzepte zu hinterfragen, um etwas Neues herauszufinden.

Bringt Sie die Sommerakademie weiter? Fankhauser: Ja, wir sprechen über Fragen meines Faches, über die ich selber nachdenke: Ob die Welt deterministisch ist oder ob es einen echten Zufall gibt. Man könnte meinen, diese Fragen liessen sich einfach beantworten. Doch dem ist überhaupt nicht so. Die Quantenmechanik zeigt uns hier die Grenzen unseres Wissens auf.

Herr Sandbrink, Sie als Masterstudent der Neuroinformatik besuchen die eher geisteswissenschaftlich ausgerichtete Akademie «Reproduzierbarkeit und Kopie». Wie profitieren Sie davon?

Sandbrink: Ich kann gewisse Impulse in die Diskussion einbringen. Wir haben zum Beispiel in der Gruppe Metaphern in der Genetik diskutiert – etwa «Linearität» –, die literarisch verstanden werden können, aber oft einen mathematischen Ursprung haben. Da war das Verständnis der Modelle und Begriffe recht unterschiedlich – das finde ich anregend.

Frau Meier, können Sie das Akademie-Thema «Digitalisierung» mit Ihrem Studienfach Internationale Beziehungen verknüpfen?

Meier: Wir haben uns mit ein paar Ländern auseinandergesetzt, wie Estland und Singapur, welche die Digitalisierung auf nationaler Ebene weit vorangetrieben haben. Man kann vieles von ihnen lernen, was Effizienz anbelangt oder die breite Kommunikation mit den Massen. Aber stark digitalisierte Länder haben auch Risiken in puncto Datenschutz oder Demokratie. Mich hat erstaunt, dass Länder, die die Digitalisierung auf die Spitze getrieben haben, nicht zwingend demokratisch regiert werden müssen.

Mehrheitlich wird in den Akademien mit Hilfe von Referaten, Textlektüre und Diskussionen gearbeitet. Worin unterscheidet sich die Arbeitsweise vom Studium? Meier: Die Akademie zu «Digital Societies» ist nicht linear aufgebaut. An einem Vormittag hatten wir einen Block mit einer Historikerin, dann eine philosophische Diskussion mit einem Theologen, anschliessend einen wirtschaftli-

chen Block mit einem Ökonomen. So erhält man einen breiten und interessanten Einblick in vieles, obwohl man nicht zielgerichtet vorgeht. Stattdessen wird ausgiebig und heissblütig diskutiert. Am Schluss kann man auch nicht einfach eine Take-home-Message mitnehmen. Das muss man aushalten können. Fankhauser: Genau das gibt mehr Freiheit. Man kann auch mal herumwandern und dann wieder zurückkommen. Also in Gedanken oder auch auf dem schönen Gelände hier. Sandbrink: Bewegung tut gut, wenn es darum geht, komplizierte Konzepte zu verstehen. Wir konnten auch im Freien arbeiten, an der Sonne.

Die Begeisterung für die Sommerakademie ist Ihnen anzumerken. Stört Sie die Exklusivität dieser Studienwoche nicht? Meier: Das ist sicher eine Gratwanderung. Aber die Teilnehmenden sind alle auf dem Boden geblieben. Was ich wirklich schön finde, ist, dass man hier miteinander stundenlang über abstrakte Themen oder über ein verrücktes Nischenthema diskutieren kann, was in meinem Umfeld sonst nicht möglich ist. Das ist eine tolle Erfahrung.

Empfinden Sie «analoge» Sommerakademien in Zeiten der Digitalisierung überhaupt noch als angemessen?

Sandbrink: Man konzentriert sich stark auf ein Thema und lässt sich gemeinsam eine ganze Woche lang darauf ein. Dieses Setting wäre digital sehr schwer nachzubauen, und es gäbe alle möglichen Ablenkungen. Das ist wirklich besonders, dass man als Gruppe zusammenkommt und jeden Tag in der gleichen Besetzung an einem Thema weiterarbeitet.

Ist die Sommerakademie eine ideale Lernform für Sie, und hätten Sie gern noch mehr davon?

Fankhauser: Ich hätte nichts dagegen, vor allem als Ausgleich zum Studium. Mal Abstand von den Inhalten nehmen und diese verarbeiten. Dadurch besser verstehen und neue Gedanken fassen können.

Meier: An einer Uni sind persönliche Interaktionen zwischen Studenten und Dozenten wie hier gar nicht möglich. Das sehe ich als grosses Plus der Sommerakademien.

Mittel der Werner Siemens-Stiftung 360 000 Schweizer Franken jährlich für die Sommerakademien

## «Seibold» voll auf Kurs

Update zum segelnden Forschungsschiff «Eugen Seibold» – Meeres- und Klimaforschung

Gewagt, gewonnen! Die innovative Idee, den Ozean mit einer leichten, umweltschonenden Segeliacht zu erforschen, ist Realität geworden. Dank der Unterstützung der Werner Siemens-Stiftung konnte die segelnde Forschungsplattform «Eugen Seibold» in vier Jahren gebaut werden. Ende 2018 stach die Weltneuheit zum ersten Mal in See.

Kurz gehörte die Segeljacht «Eugen Seibold» der grosszügigen Donatorin, dann übergab die Werner Siemens-Stiftung am 20. August 2018 auf hoher See vor Norwegen das von ihr finanzierte Forschungsschiff an die Eugen Seibold Stiftung, die eigens für den Betrieb des Schiffs gegründet worden war.

Der Initiator des weltweit grünsten Forschungsschiffs, Professor Gerald Haug, ist von der recht stürmischen Jungfernfahrt vom deutschen Greifswald über die norwegische Stadt Kristiansand nach Bremerhaven begeistert: «Die Testfahrt bei bis zu 9 Beaufort Wind war grossartig, das Schiff hat überzeugt, es ist wirklich seetüchtig.»

### Messgeräte installiert

Nach der Testfahrt lag die «Eugen Seibold» bis Mitte Oktober in Bremerhaven, dort wurden ihr alle wichtigen wissenschaftlichen Systeme für die Meeresforschung eingebaut: der Multisensor für physikalische, chemische und biologische Analysen des Meerwassers (pH-Wert, Temperatur, Salzgehalt, Chlorophyll etc.), die Massenspektrometer für die Sauer-

stoff-, Kohlenstoffisotopenanalysen oder Sauerstoff/Argon-Messungen, das Flow Cytometer für die Quantifizierung der Zellen von Kleinstlebewesen wie Zooplankton, Algen und Bakterien, der «Staubsauger» für die Untersuchung der Luftchemie und der Luftpartikeln, die Computer, die eine erste Analyse der gewonnenen Meeresdaten

### Von den Kanaren zu den Kapverden

Im November 2018 heisst es: Alle Mann an Bord und Segel hissen. Die «Eugen Seibold» sticht zum ersten Mal zu Forschungszwecken in See. Als erstes segeln die sechs Crewmitglieder zu den Kanarischen Inseln. Nicht wegen des schönen Strandes, sondern wegen der guten Infrastruktur: Der Hafen auf Lanzarote ist mit einem 100-Tonnen-Kran bestückt, dieser könnte im schlimmsten Fall die «Seibold» zwecks Reparatur aus dem Wasser hieven; es gibt Hotels, Restaurants und ein Spital, falls Crewmitglieder seekrank werden. Neben dem Kapitän und dem ersten Offizier, die natürlich erfahrene Seeleute sind, hat es auch Forschende,

Doktorandinnen und Postdocs an Bord - die hoffentlich auch bei etwas Wellengang wohlauf bleiben.

### Wie geht es dem Ozean heute?

In den kommenden Jahren wird die «Eugen Seibold» unterschiedliche Zonen der Weltmeere erforschen. Auf der To-do-Liste bis zum Sommer 2019 steht der tropische Ozean südlich der Kapverdischen Inseln bis hin zum Eisrand nördlich von Island. Das grünste Forschungsschiff wird die verschiedenen Meeresgebiete aller Klimazonen umfassend beproben. Auch das nächste grosse El-Niño-Ereignis soll im tropischen Ostpazifik erforscht werden.

Die umfangreichen gewonnen Daten werden den Meeresforscherinnen und -forschern helfen, den Zustand der Meere heute, in Zeiten der globalen Klimaerwärmung, wissenschaftlich fundiert zu beschreiben. Mit der Zeit wird auch ersichtlich werden. wie sich der Ozean verändert.

Deren Betrieb und die Datenauswertung übernimmt das Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz – Gerald Haug ist Direktor der dortigen Abteilung Klimageochemie sowie Professor am Departement Erdwissenschaften der ETH Zürich.

Man darf gespannt sein, zu welchen Resultaten die Meeresforscherinnen und -forscher in ein paar Jahren kommen. Wie geht es dem wichtigsten und grössten Ökosystem des blauen Planeten? Die Antwort darauf wird immer auch uns Menschen an Land betreffen.

Mittel der Werner Siemens-Stiftung 3,5 Mio. Euro

Projektdauer 2015-2018

Die «Eugen Seibold» überzeugte restlos bei der ersten, recht stürmischen Testfahrt.

### 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

ermöglichen, und eine moderne Satelliten-Kommunikationstechnik.

Globale Auswirkungen

Die Werner Siemens-Stiftung hat den Bau der «Eugen Seibold» finanziert.

# Werwirsind

# Globale Firma mit Familiensinn

Wie kam es dazu, dass gerade die Töchter von Carl Siemens, Charlotte und Marie, die Werner Siemens-Stiftung gründeten? Um diese Frage zu beantworten, muss man in die Gründerjahre von Siemens zurückblenden. Werner Siemens hatte zehn Geschwister. Zwei jüngere Brüder, William und Carl, unterstützten ihn wesentlich in seiner «Telegraphen-Bauanstalt von Siemens & Halske», die er 1847 mit dem Mechaniker Johann Georg Halske in Berlin gegründet hatte. Bruder William kümmerte sich um das Geschäft in England, Carl um jenes in Russland.

In Russland baute Siemens & Halske im Auftrag der russischen Regierung das 9000 Kilometer lange Telegrafennetz auf und richtete das weltweit erste unterseeische Telegrafenkabel ein. Um den Bau zu überwachen, reiste Carl 1853 nach St. Petersburg. Er bewährte sich, war entscheidungsfreudig und kompetent. Das honorierte Werner, indem er die russische Zweigstelle 1855 in eine selbständige Niederlassung umwandelte, die Carl fortan mit eigenem Vermögen leitete – was sich als voller Erfolg erwies und dem Berliner Stammhaus einen steilen Aufschwung ermöglichte.

### Kriselndes Russland

Der Krimkrieg brachte eine erste Baisse. 1856 waren die russischen Finanzen desolat, so dass keine neuen Aufträge mehr an Siemens & Halske erfolgten. In dieser Zeit (1858) kam Carls Tochter Charlotte in St. Petersburg zur Welt. Die Wartungsverträge der Telegrafenlinien in Russland sicherten dem Familienunternehmen zwar für zwölf Jahre kontinuierliche Einnahmen, doch damit begnügten sich Carl und Werner Siemens nicht. Sie suchten nach neuen Investitionsmöglichkeiten und kauften 1864 bei Kedabeg im Kaukasus eine Kupfermine.





Die Gründerinnen der Werner Siemens-Stiftung mit ihren Familien: Charlotte von Buxhoeveden (links) und Marie von Graevenitz. Die Schwestern Charlotte und Marie wuchsen im zaristischen St. Petersburg auf, wo ihr Vater Carl Siemens erfolgreich eine wichtige Zweigniederlassung der Firma leitete.

### Kupfermine im Kaukasus

Weil das russische Geschäft kriselte – und auch wegen der angeschlagenen Gesundheit seiner Frau Marie –, verliess Carl St. Petersburg und siedelte mit der Familie nach Tiflis (Georgien). Von dort aus übernahm er die Leitung des Kupferbergwerks Kedabeg. Nach Anfangsschwierigkeiten entwickelte es sich zu einem rentablen Betrieb.

### London und das Seekabelgeschäft

Als Carls geliebte Frau Marie 1869 mit nur gerade 34 Jahren starb, zog Carl nach London weiter, wo er sich die nächsten zehn Jahre im Geschäft seines Bruders William engagierte. Die englische Niederlassung hatte sich auf das risikoreiche Seekabelgeschäft verlegt. Carl übernahm die Herkulesaufgabe, eine durchgehende Telegrafenlinie zwischen London und Kalkutta zu erstellen, was er innerhalb von zwei Jahren schaffte. Die sogenannte Indolinie revolutionierte die Kommunikation zwischen Europa und Indien; sie war ein riesiger Erfolg für Carl und katapultierte Siemens & Halske ganz nach oben, in die erste Liga der internationalen Telegrafenunternehmen.

### Transatlantikkabel

1874 übernahm Carl das wichtigste Projekt, die Verlegung des Transatlantikkabels. Trotz Schlechtwetterperioden, Sabotage durch die Konkurrenz und Falschmeldungen schlossen Carl und William das kapitalintensive und risikoreiche Projekt 1875 erfolgreich ab. Diese Grosserfolge zogen weitere Aufträge nach sich, so dass Siemens Ende des 19. Jahrhunderts neun der insgesamt sechzehn Transatlantik-

kabel verlegt hatte und Geschäfte in Asien, Afrika, Australien, Südamerika, China und Japan tätigte.

### Auszeichnung des Zaren

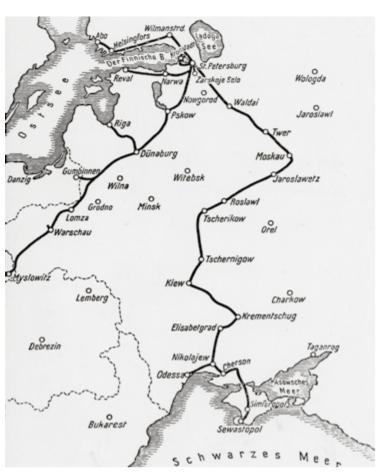
Trotz enormem Erfolg fühlte sich Carl in London, wo er im Schatten seines älteren Bruders William stand, mit den Jahren nicht mehr wohl und kehrte 1881 mit seinen beiden Töchtern nach St. Petersburg zurück. Er belebte das russische Siemens-Geschäft mit neuen Produkten: dem Bau elektrisch betriebener Bahnen, mit städtischen Beleuchtungsanlagen, Telegrafenapparaten und -kabeln und Eisenbahnsignalanlagen. Für sein unternehmerisches Engagement in Russland wurde Carl im Jahr 1895 von Zar Nikolaus II. in den erblichen Adelsstand erhoben.

### Umwandlung in eine AG

Werner beharrte ein Leben lang auf der Form eines Familienunternehmens, während Carl bei der Konkurrenz erkannte, welche finanziellen Möglichkeiten eine Aktiengesellschaft mit sich brachte. Trotzdem setzte sich Carl nicht gegen den geschätzten Bruder und Firmengründer durch und wartete bis nach dem Tod Werners, bis er das Unternehmen an die Börse brachte. 1897 wurde Siemens & Halske eine AG, mit einer Marktkapitalisierung von 35 Millionen Reichsmark. Alle Aktien blieben vorerst im Familienbesitz.

### Carls Idee einer Familienstiftung

Die grosse Verbundenheit mit der Familie zeigte sich auch in Carls Idee eines Fonds, der zum Wohle der Siemens-Nachkommen eingerichtet werden sollte – woraus sich



Carl Siemens leitete mit Erfolg den Bau des riesigen russischen Telegraphennetzes und bescherte so dem Mutterhaus in Berlin einen enormen Aufschwung.

schlussendlich die Werner Siemens-Stiftung entwickelte. Die Idee findet man in einem Brief von Carl aus dem Jahr 1900 formuliert. Carl hatte einen Sohn, der ebenfalls Werner hiess und mit 44 Jahren starb. In seinem grossen Schmerz über den Verlust schrieb Carl an einen seiner Neffen: «Meinen Plan, einen Fonds zum Besten meiner und meiner Geschwister Nachkommen zu stiften, habe ich meinen Töchtern mitgeteilt und sie sind mit Feuer und Flamme dafür.»

### Charlotte von Buxhoeveden

Besagte Töchter von Carl waren Charlotte und Marie. Beide verbrachten ihre Kindheit in Russland, von wo aus die Familie zahlreiche Reisen unternahm. Auf einer dieser Reisen lernte Charlotte ihren Mann kennen, Alexander Peter Eduard Baron von Buxhoeveden, einen Adligen aus dem Baltikum, der hoch angesehen war und im Dienste des Zaren stand. Sie heirateten 1884 in St. Petersburg. Ein paar Jahre später erwarb Charlottes Vater Carl den vierzig Kilometer südlich von St. Petersburg liegenden traditionsreichen Gutshof Gostilitzy, der zum russischen Familienlandsitz wurde.

### Erster Weltkrieg

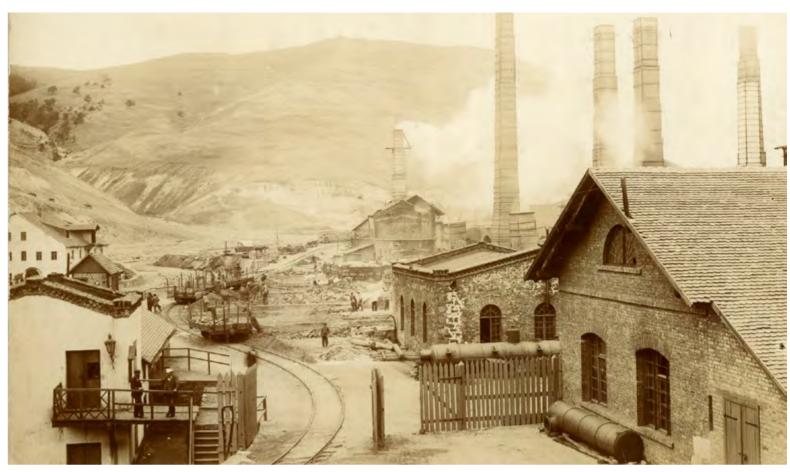
Carl Siemens starb 1906. Er erlebte nicht mehr, wie mit dem Ersten Weltkrieg das russische Zarenreich zerbrach, die Kommunisten die Macht übernahmen und die Rote Armee die vormals herrschende Klasse verfolgte. Seine Töchter hingegen traf der Systemwechsel in voller Härte. Charlottes Mann Alexander wurde 1919 in Estland von den Bolschewisten ermordet, sie selbst wurde staatenlos und musste ihr Hab und Gut zurücklassen und mit den Kindern aus Russland fliehen.

### Verlorene Kupferwerke

Auch die vom Vater geerbten Kupferwerke, die Charlotte zusammen mit ihrer Schwester Marie während Jahren vergeblich in Betrieb zu nehmen versuchte, verlor sie, da die Verbindungswege ab 1918 durch die neue sowjetisch-türkische Grenze blockiert waren. Ein Ausbau der Verkehrswege, die den Weiterbetrieb des Kupferwerks in der Türkei ermöglicht hätten, lohnte sich nicht, und auch die mehrjährigen Verhandlungen fruchteten nicht. Ernüchtert mussten Charlotte und Marie schliesslich aufgeben. Das Erbe und die früher getätigten Investitionen waren nicht zu retten.

### Staatenlose Adlige

Nach ihrer Flucht aus Russland lebte Charlotte mit den fünf Kindern abwechselnd in Deutschland und Italien und reiste schliesslich 1922 mit ihrem Sohn Carl Otto bei Kreuzlingen in die Schweiz ein. Als die eidgenössischen Behörden eine Niederlassung der von Buxhoeveden aber ablehnten, versuchte es die Baronin in Liechtenstein. 1924 war es soweit: Der Fürst von Liechtenstein gewährte ihr die Staatsbürgerschaft – nicht ganz uneigennützig: Liechtensteins Wirtschaft lag nach dem Ersten Weltkrieg danieder, so dass das Fürstentum mit Hilfe von Finanzeinbürgerungen zu Devisen kommen wollte. Lange konnte Charlotte ihre neue Staatszugehörigkeit nicht geniessen. Sie starb zwei Jahre später mit 66 Jahren.



Carl Siemens betrieb auch das Kupferwerk Kedabeg im Kaukasus mit Gewinn – seine Töchter Charlotte und Marie verloren es aber nach dem Ersten Weltkrieg an das kommunistische Russland.

### Marie von Graevenitz

Die zweite Gründerin der Werner Siemens-Stiftung, Charlottes jüngere Schwester Marie, heiratete mit 24 Jahren den Diplomaten Baron Georg Ludwig von Graevenitz, der aus altmärkischem Uradel stammte, der seit eineinhalb Jahrhunderten auch in Russland ansässig war. Georg Ludwig von Graevenitz stand im diplomatischen Dienste als – wie es damals gespreizt hiess – «Kaiserlich russischer wirklicher Staatsrat und Ministerresident im Amte eines Stallmeisters des Kaiserlichen Hofes». Nach der Hochzeit lebte Marie wie ihr Mann viele Jahre in St. Petersburg am Zarenhof, wo sie als Hofdame wirkte und fünf ihrer sechs Kinder zur Welt brachte. Mit 29 Jahren erbte sie den Gutshof Gostilitzy von ihrem Vater und residierte fortan mit ihrer Familie auf dem herrschaftlichen Anwesen – bis zur Russischen Revolution.

### Zerstörtes Gut Gostilitzy

Nach der Oktober-Revolution musste auch die Familie von Graevenitz aus Russland fliehen und ihren Besitz zurücklassen. Auf ihrem Gutshof Gostilitzy wurde hart gekämpft. Zweimal stiegen die Truppen der kaiserlich-russischen Armee in Gostilitzy ab und fügten dem Anwesen grossen Schaden zu. Als die Kommunisten siegten, wurde das Gut zu einem staatlichen landwirtschaftlichen Betrieb erklärt.

### Stiftungsgründung 1923

Die eigene schwierige Situation mag Marie und Charlotte an die Idee ihres Vaters erinnert haben, eine Stiftung zum Wohle der Nachkommen einzurichten. 23 Jahre nachdem er ihnen davon erzählt hatte, gründeten sie 1923 in Schaffhausen die Werner-Stiftung. Deren Stiftungszweck war viele Jahre lang die finanzielle Unterstützung von Angehörigen der weitverzweigten Siemens-Familie, die in Not geraten waren. Aus der Werner-Stiftung entwickelte sich schliesslich die heutige Werner Siemens-Stiftung, die innovative Projekte und die Nachwuchsförderung in Technik und Naturwissenschaften unterstützt.

6 11/

### Gremien

### Vergabeprozess

### 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

### 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 Das Antragsformular kann online angefordert 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 Christina Ezrahi

Christina Ezrahi ist seit 2015 Mitglied des Stiftungsrats der Werner Siemens-Stiftung. Als Urururenkelin von Werner Siemens vertritt sie vor allem die Anliegen der Siemens-Nachkommen. Sie ist promovierte Historikerin mit Spezialisierung in sowjetischer Geschichte und lebt seit neun Jahren mit ihrer Familie in Israel.



Christina Ezrahi ist die Urururenkelin von Werner Siemens und vertritt im Stiftungsrat der Werner Siemens-Stiftung die Anliegen der Siemens-Nachkommen.

Wie erleben Sie die Arbeit im Stiftungsrat und die Zusammenarbeit mit dem Kuratorium?

Christina Ezrahi: Die Arbeit im Stiftungsrat ist eine grosse Bereicherung für mich. Es ist eine sehr glückliche Fügung des Schicksals, in eine Familie wie die unsrige geboren worden zu sein. Meine Berufung in den Stiftungsrat im Jahr 2015 empfand ich deshalb als einmalige Chance, etwas an meine Grossfamilie – und an die Gesellschaft – zurückzugeben

Es ist faszinierend, zusammen mit dem Kuratorium einerseits die ursprüngliche Vision der Gründerinnen in der heutigen Zeit umzusetzen und andererseits wegweisende wissenschaftliche Projekte im Rahmen des gemeinnützigen Teils der Stiftung zu begleiten. Das bringt grosse Möglichkeiten und viel Verantwortung mit sich. Stiftungsrat und Kuratorium arbeiten zusammen wie zwei Zahnräder, die ineinandergreifen, über die Jahre entwickelt sich ein tiefes gegenseitiges Vertrauen. Besonders interessant finde ich dabei die Verknüpfung von Familien- und Stiftungsgeschichte und von Vergangenheit mit Gegenwart und Zukunft. Die Zeit steht ja nie still, es gibt immer Veränderungen.

Welche Bedeutung hat aus Ihrer Sicht die Stiftung für die Familie?

Als Historikerin, die auf sowjetische Geschichte spezialisiert ist, und als eine Mutter, die seit neun Jahren mit zwei kleinen Kindern im Nahen Osten, in Israel, lebt, habe ich täglich vor Augen, wie Einzelschicksale durch das Glück oder Unglück der Geburt, durch Fakten der Geografie, Nationalität, Religionszugehörigkeit, durch das Wechselbad der Politik bestimmt - und oft zerstört werden. Die Gründerinnen unserer Stiftung haben diese Tragik der äusseren Fakten zur Zeit der Oktoberrevolution selber erfahren müssen - und mit unwahrscheinlicher Weitsicht eine Familienstiftung gegründet, die Schicksalsschläge zumindest abfedern kann. Das hat unschätzbaren Wert. Der gemeinnützige Teil der Stiftung andererseits bietet der Familie eine unglaubliche Chance, etwas an die Gesellschaft zurückzugeben und geniale Köpfe, wie unseren Vorfahren Werner, am Anfang ihrer Forschungen zu unterstützen. Und so einen Beitrag zu leisten, die Welt vielleicht zu einem etwas besseren Ort zu machen.

Die Stiftung unterstützt viele innovative und faszinierende Proiekte, welches ist Ihr persönliches Lieblingsprojekt? Vor einem Jahr wäre mir wahrscheinlich die Wahl zwischen dem Atomschalter und Professor Dr. Martin Saars Forschungsgruppe Geothermal Energy and Geofluids an der ETH Zürich schwergefallen. Angesichts des beklemmend heissen Sommers 2018 und der Horrorprognosen in den letzten Berichten zum Klimawandel interessieren mich dann aber doch besonders Professor Saars Bemühungen, die Hitze tief im Erdinneren für die Stromerzeugung zu erschliessen und gleichzeitig die CO<sub>2</sub>-Bilanz stark zu verbessern. Die Gruppe erforscht unter anderem, wie man CO<sub>2</sub>, das der Erdatmosphäre entzogen wird, im Erdinneren einspeichern kann und wie man es dann in einem geschlossenen Kreislauf für den kosteneffizienten Transport der Erdwärme an die Erdoberfläche zur Stromerzeugung nutzen kann. Damit würde man zwei Fliegen mit einer Klappe schlagen: Man könnte nachhaltig Strom erzeugen und die CO<sub>2</sub>-Bilanz verbessern.

### 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

### Texte, Reportagen

Adrian Ritter, Baden S. 23–36, 61–76 Brigitt Blöchlinger, Zürich

S. 39–58, 96–99, 100–103, 110–111, 114–117: Quellen: «Carl von Siemens», Siemens-Archiv, 2002. «90 Jahre Werner Siemens-Stiftung», Werner Siemens-Stiftung, Zug, 2013. www.volksblatt.li vom 27.12.2014. «Lebenswege. Carl von Siemens», Siemens Historical Institute, München, 2014.

Andres Eberhard, Zürich S. 79–94, 106–107 Sabine Witt, Zürich S. 104–105, 108–109

### Fotografie

Felix Wey Fotostudio, Baden
S. 2–3, 4, 5, 12–13, 24, 27, 28, 29, 30, 33, 34, 35, 62, 64,
66, 67, 69, 71, 73, 74, 83, 84, 87, 88, 89, 90, 91, 104, 106
Brüderli Longhini Fotografie, Zürich
S. 9, 96, 99, 108, 121
Foto Wild, Sanitz bei Rostock
S. 6–7, 10–11, 54, 55

Andreas Heddergott, München: S. 8, 100, 102 MARUM – Zentrum für Marine Umweltwissenschaften, Universität Bremen: S. 40, 42, 45, 46, 47, 53, 56

Zur Verfügung gestellt: S. 80, 92

Lorenzo Argento: S. 111

Siemens Historical Institute: S. 115, 116, 117

### Korrektorat

Petra Jäger, Zürich

### Druckerei

Kasimir Meyer AG, Wohlen

© Werner Siemens-Stiftung, 2018



