



Der  
**Spezialist**  
DAS MAGAZIN FÜR TECHNIK UND MANAGEMENT

**Brunel Foundation:** Gemeinsam Gutes tun  
**Klimaschutz:** Neue Chancen mit Geo-Engineering  
**Quantencomputer:** Ein Quantensprung für die IT

# Technik der Vergangenheit

Seit 25 Jahren ist die Brunel GmbH bereits in Deutschland am Markt, in dieser Zeit ist viel passiert. Wie facettenreich das letzte Vierteljahrhundert war, zeigen folgende Beispiele.

Anfang der **1990er-Jahre** prophezeite die IT-Branche, dass sich „Computer auf das Netz verteilen“ werden. 1995 gab es dann das erste System für Cloud Computing.

Seit Ende **2009** liefert der erste Offshore-Windpark vor der deutschen Küste namens „alpha ventus“ Strom. Im April 2010 wurde er offiziell in Betrieb genommen.

Seit den **1970er-Jahren** vom US-Verteidigungsministerium entwickelt, wird das Global Positioning System (GPS) im Juli 1995 offiziell in Betrieb genommen.

**1995** wurde das erste Elektronische Stabilitätsprogramm (ESP) vom Hersteller Bosch im Auftrag für einen Mercedes-Benz S 600 gefertigt. Das System ist so konzipiert, dass es mit gezieltem Bremsen einzelner Räder ein Schleudern verhindert, sobald das Fahrzeug in eine andere Richtung fährt, als der Fahrer lenkt.

Im Dezember **2016** hat Amazon im britischen Cambridge ganz offiziell die erste Bestellung per Paketdrohne ausgeliefert.

# Liebe Leserinnen und Leser,

2020 hat unser aller Leben sowohl beruflich wie privat auf den Kopf gestellt – Routinen mussten überdacht und Prozesse neu aufgestellt werden. Ich bin mir sicher, dass auch Sie in diesem Jahr vor völlig neuen Herausforderungen standen und dass wir alle die Auswirkungen der Covid-19-Pandemie auf die ein oder andere Weise noch lange spüren werden.

Es liegt in unserer DNA, Herausforderungen zugleich als Chance zu begreifen: Die Digitalisierung unserer Zusammenarbeit hat einen zusätzlichen Schub erhalten – ob intern oder in Richtung unserer Bewerber und Kunden. Die schwindende Nachfrage nach flexibler Projektunterstützung in traditionellen Kernbranchen galt es mit dem zunehmenden Fokus auf Bereiche wie Life Sciences, Logistik oder die Lebensmittelindustrie auszutariieren. Und über allem stand die Gesundheit unserer Mitarbeiter. Kurzum: Ein Jahr, wie ich es in verantwortlicher Position in meiner Karriere noch nicht erlebt habe.

Zumal wir uns ursprünglich auf Feierlichkeiten zum 25-jährigen Jubiläum der Brunel GmbH in Deutschland gefreut hatten. 1995 in Bremen gestartet, blicken wir heute mit über 40 Standorten auf eine außergewöhnliche Entwicklung. Um die Weichen für Sie und uns auch künftig wieder auf die Erfolgspur auszurichten und weiterhin ein verlässlicher Dienstleister zu bleiben, haben wir vor allem eines getan: den direkten Austausch mit unseren Kunden gesucht. Denn nur gemeinsam können wir diese anspruchsvolle Transformationsphase meistern. Dabei bin ich sehr stolz auf alle Brunel Mitarbeiter, die angesichts der besonderen Umstände mit vollem Engagement an Plänen für den Re-Start mitwirkten und auch Kurzarbeit als Instrument zur langfristigen Sicherung ihrer Jobs verstanden haben.

Nicht zuletzt hat die Corona-Pandemie uns auch gelehrt, wie eng unsere globale Gemeinschaft miteinander verwoben ist und wie wichtig dies für wirtschaftliche Stärke ist: So bündelt unser Konzern länderübergreifend Know-how und Potenziale noch gezielter. Bereits jetzt gelingt diese internationale Kooperation, wie ein Mammutprojekt von Brunel Russland aus dem Bereich Öl & Gas zeigt (mehr dazu auf S. 36). Darüber hinaus setzen wir auch unser Nachhaltigkeitsengagement konsequent fort. Alles über dessen Ursprünge und die Brunel Foundation erfahren Sie ab S. 14. Wie großtechnische Geo-Engineering-Ansätze künftig zum Klimaschutz beitragen könnten, verdeutlichen die visionären Vorhaben, die wir auf S. 8 (Im Fokus) und S. 38 (Querdenken) vorstellen.

Ich wünsche Ihnen eine spannende Lektüre.

**Markus Eckhardt**  
Geschäftsführer



*„Übrigens haben wir anlässlich unseres Jubiläums die Protagonisten der vorliegenden Ausgabe gefragt, was ihre Branchen in den letzten 25 Jahren geprägt hat oder wie sich ihre Projekte in der Zukunft entwickeln werden. Die Statements finden Sie verteilt über das gesamte Magazin.“*

25

Achten Sie auf  
dieses Symbol!

# Inhalt

**25 years of Brunel** ..... 6  
25 Jahre Brunel GmbH,  
25 Jahre Technik-Geschichte

**Im Fokus** ..... 8  
Groß gedacht beim Klimaschutz



**Kompetenz** ..... 14  
Jeder Schritt zählt



**Forschung** ..... 18  
Ein Quantensprung für die IT

**Spektrum** ..... 24  
Filigrane Konstruktionen

**Im Dialog** ..... 28  
„Enttechnisierung ist das neue Smart“



„Unser Ansatz lautet: So viel Technik wie nötig,  
aber so wenig wie möglich.“

**Prof. Dipl.-Ing. Timo Leukefeld,  
Energiebotschafter und Pionier für  
vernetzte Energieautarkie**

**Spektrum** ..... 30  
Das größte Auge der Welt



„Mein Ziel war und ist es, immer auf dem Laufenden zu sein, was technische Innovationen angeht.“

**Michael Pangrate, Embedded-Software-Spezialist der Brunel GmbH**

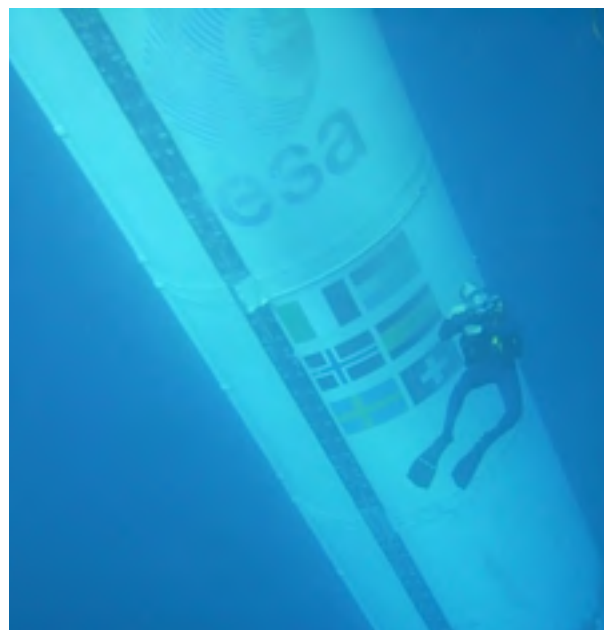
**Wissen** ..... 34  
Investitionen in die Zukunft

**International** ..... 36  
Brunel Russland: Internationales Recruiting für Großprojekte

**Querdenken** ..... 38  
Künstliche Eisberge für die Arktis

**Techniktrends** ..... 42  
Die Stadt der Zukunft |  
Koffeinschub für bessere Solarzellen |  
Schneller Strom „tanken“

**Am Arbeitsplatz** ..... 44  
Ein Leben unter Wasser



**Kompakt** ..... 46  
Eine Idee, worum es hier geht? |  
Wer hat's erfunden? Die Klimaanlage

**History** ..... 48  
Es wurde Licht

**Ausblick** ..... 52  
Junge Ideen für ausgewachsene Herausforderungen

**Impressum** ..... 55

25 years of  
Brunel

## 25 Jahre Brunel GmbH, 25 Jahre Technik-Geschichte



### Porträt

#### Markus Eckhardt

Markus Eckhardt (54) studierte in Darmstadt Maschinenbau. Er ist seit 2004 bei der Brunel GmbH tätig – zunächst war er Geschäftsbereichsleiter, seit 2015 ist er Geschäftsführer des Ingenieurdienstleisters.



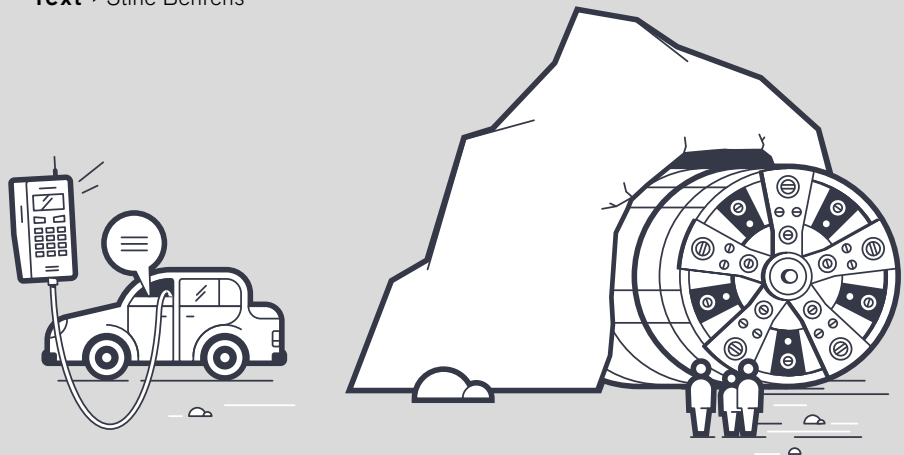
### Porträt

#### Jilko Andringa

Jilko Andringa (54) ist seit 2017 Chief Executive Officer von Brunel International. Zuvor war er – nach seinem Studium der Betriebswirtschaftslehre – in leitenden Positionen für verschiedene Unternehmen der Arbeitnehmerüberlassung tätig.

Nachdem sich Brunel International seit den Siebzigerjahren erfolgreich in den Niederlanden etabliert hatte, legte Unternehmensgründer Jan Brand 1995 in Bremen den Grundstein für die Brunel GmbH: Er eröffnet die erste Niederlassung in Bremen – heute sind es über 40 Standorte in Deutschland, Österreich, der Schweiz und Tschechien. „In den vergangenen 25 Jahren hat sich viel getan. Wir blicken auf faszinierende technische Entwicklungen zurück, die ohne das Mitwirken von Ingenieuren nicht möglich gewesen wären. Entsprechend werden wir als Ingenieurdienstleister auch in den kommenden Jahren den technischen Fortschritt mitgestalten“, sind sich Brunel GmbH Geschäftsführer Markus Eckhardt und Brunel International CEO Jilko Andringa sicher.

Text › Stine Behrens



## Welche bahnbrechenden technischen Entwicklungen von vor 25 Jahren sind Ihnen in bleibender Erinnerung?

**Markus Eckhardt (ME), Geschäftsführer der Brunel GmbH:** Während dieser Zeit haben mich besonders die Tunnelbohrmaschinen der Firma Herrenknecht inspiriert. Denn während des Studiums und später auch im Betrieb habe ich die Technik dieser Maschinen kennengelernt. Herrenknecht steht für mich für wahre Ingenieurskunst: Die innovative Technik beeindruckt mich noch heute.

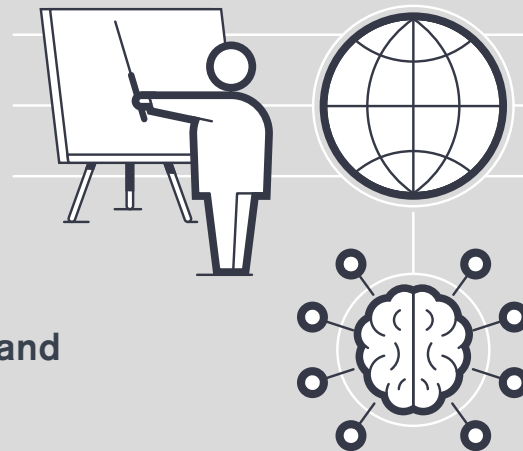
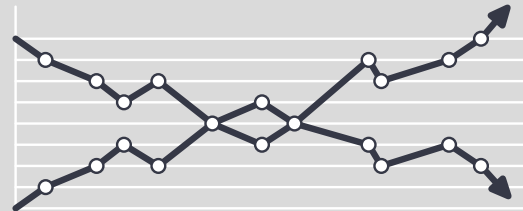
**Jilko Andringa (JA), CEO Brunel International N.V.:** 1991 habe ich angefangen, für Esso zu arbeiten, 1993 war ich bereits verantwortlich für 25 Tankstellen. Da ich viel mit dem Auto unterwegs war, bedeutete die Anschaffung eines Autotelefons – wenngleich es auch sehr groß und schwer war – eine immense Erleichterung für mein Arbeitsleben.

## Wo stehen diese technischen Entwicklungen in fünf Jahren?



**ME:** Der Tunnelbau boomt, auf der ganzen Welt finden sich Großprojekte, die unsere Länder noch mehr vernetzen sollen. Deswegen bin ich überzeugt, dass es in diesem Bereich noch viele technische Entwicklungen geben wird.

**JA:** Wir alle kennen die Entwicklung: Aus dem Autotelefon wurde ein Handy, aus dem Handy ein Smartphone. Wahrscheinlich werden diese kleinen „Supercomputer“ in fünf Jahren all unser Handeln bestimmen, unsere Autos fahren, unsere Haushaltsgeräte selbstständig steuern. Sprachgesteuert könnten sie zu unseren persönlichen Assistenten werden.



## Wie wird sich die Branche der Ingenieurdienstleistung in Deutschland in fünf Jahren entwickelt haben?

**ME:** Ich bin sicher, dass es für Ingenieurdienstleistungen einen konstanten und nachhaltigen Bedarf geben wird – das zeigt sich gerade jetzt, wo eine Pandemie verdeutlicht, wie wichtig personelle Flexibilität für die Unternehmen ist. Natürlich sind veränderte gesetzliche Regularien und konjunkturelle Schwankungen stets Teil unseres Arbeitslebens, gleichzeitig wird es aber auch immer Bedarf an Spezialisten geben.

**JA:** Unsere Ingenieure werden viel Zeit damit verbringen, sich beruflich weiterzubilden: Das Teilen von Wissen wird immer wichtiger – auch innerhalb der Unternehmen und in Zeiten, in denen die Kollegen mehrheitlich virtuell zusammenarbeiten. Parallel werden immer mehr Projekte grenzübergreifend abgewickelt und die internationale Mobilität der Spezialisten entsprechend ein Schlüsselfaktor für unsere Branche.



# Groß gedacht beim Klimaschutz

Die Erderwärmung, ihre Folgen und die Bemühungen zur raschen Emissionsminderung sind in aller Munde. Doch was, wenn eine nachhaltigere Lebensweise allein nicht ausreicht? Der Weltklimarat geht davon aus, dass zur Erreichung der globalen Klimaziele auch technologische Umwelteingriffe notwendig sind. Forscher arbeiten an unterschiedlichen Lösungen des sogenannten Geo-Engineerings.

**Text** › Anne-Katrin Wehrmann





25

Die chemische Industrie muss in den nächsten etwa 25 Jahren alle Grundverfahren ersetzen und ihren Rohstoffeinsatz auf nichtfossile Kohlenstoffquellen wie CO<sub>2</sub>, Biomasse und Recycling-Kunststoffe umstellen, um das Ziel der Treibhausgasneutralität zu erreichen.



In dieser kompakten Anlage der Größe eines Schiffscontainers wird aus Luft und Strom synthetisches E-Fuel für Verbrennungsmotoren oder Flugzeugturbinen gewonnen. Das Vorhaben wird von der Bundesregierung im Rahmen des sogenannten Kopernikus-Projekts Power-to-X gefördert.



## Porträt Roland Dittmeyer

Prof. Dr.-Ing. Roland Dittmeyer (55) forscht schwerpunktmäßig zu den Bereichen chemische Reaktionstechnik und Mikroverfahrenstechnik, insbesondere mit dem Ziel, synthetische Kraftstoffe und Energieträger aus CO<sub>2</sub>, Wasser und erneuerbarer Energie herzustellen. Seit 2009 leitet er das Institut für Mikroverfahrenstechnik am Karlsruher Institut für Technologie.

Zwar gibt es keine präzise und allgemein anerkannte Definition des Begriffs Geo-Engineering, üblicherweise versteht die Fachwelt darunter bewusste und in großem Maßstab umgesetzte Eingriffe in das Ökosystem, um so die Folgen des Klimawandels abzumildern. So soll beispielsweise im Rahmen des sogenannten Solar Radiation Managements die auf die Erde eintreffende Sonneneinstrahlung mit unterschiedlichen Methoden verringert werden. Ziel ist es, die globale Durchschnittstemperatur zu reduzieren und so die Erde künstlich abzukühlen. Ein weiterer großtechnischer Ansatz, bekannt als Carbon Dioxide Removal, umfasst verschiedene Maßnahmen, die der Atmosphäre oder den Ozeanen möglichst viel CO<sub>2</sub> entziehen. An einem dieser Verfahren arbeitet ein Team um Prof. Dr.-Ing. Roland Dittmeyer am Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Die Wissenschaftler haben ein ehrgeiziges Ziel: Sie wollen aus Luft klimafreundlichen Treibstoff gewinnen. „Denn für wichtige Verkehrssegmente wie den

Flug- und den Schwerlastverkehr, vor allem auf langen Strecken, werden auch in Zukunft elektrische Antriebe wegen der geringen Energiedichte der Batterien im Vergleich zu chemischen Energieträgern keine realistische Option sein“, erläutert Dittmeyer. „Wir bleiben darum auch perspektivisch auf Kraftstoffe mit hoher Energiedichte wie Kerosin und Diesel angewiesen.“ Wenn der Wechsel von fossilen zu „grünen“ Brennstoffen gelingen soll, braucht es also Alternativen – und eine erneuerbare Kohlenstoffquelle. Mit an Bord ist deswegen das schweizerische Unternehmen Climeworks, das ein Adsorptionsverfahren zum Filtern von CO<sub>2</sub> aus der Umgebungsluft entwickelt hat.

In einem ersten Schritt des Verfahrens nehmen die aus einem porösen Feststoff bestehenden Filter das Treibhausgas aus der eingeleiteten Luft wie ein Schwamm auf und binden es chemisch. Anschließend wird der beladene Filter unter Vakuum auf etwa 100 °C erhitzt, wodurch sich das anhaftende CO<sub>2</sub> wieder von der inneren Oberfläche des

Filtermaterials löst und abgepumpt werden kann. In der zweiten Phase werden das so gewonnene CO<sub>2</sub> und der ebenfalls aufgenommene Wasserdampf elektrolytisch in Kohlenmonoxid und Wasserstoff gespalten, bevor im dritten Schritt ein Katalysator aus dem entstandenen Gasgemisch lange Kohlenwasserstoffketten bildet – die Rohprodukte für Kraftstoffe. Das vierte und letzte Modul schließlich spaltet die festen, langkettigen Kohlenwasserstoffe so auf, dass sie für die Herstellung verschiedener Kraftstoffe nutzbar sind.

## 10 | Kraftstoff pro Tag aus der Luft

Aktuell produziert die erste integrierte Versuchsanlage nahe Karlsruhe rund 10 l pro Tag. Das Nachfolgemodell soll bis 2022 schon die 20- bis 30-fache Menge herstellen, bevor eine dritte Anlagengeneration bis 2025 auf den kommerziell interessantesten Bereich von 1.500 l täglich kommen soll. Die Forscher gehen davon aus, dass sie bei dieser Anlagengröße dann einen Gesamtwirkungsgrad von 60 % erreichen werden. „Diese hohe Effizienz ist möglich, weil wir mit der im Syntheseteil des Verfahrens entstehenden Wärme Dampf erzeugen und diesen wiederum für die anderen Prozessschritte nutzen“, erläutert Dittmeyer. Wenn alles funktioniert wie geplant, sei damit ein Kreislauf in Gang gesetzt, der vorhandenes CO<sub>2</sub> verwerte und kein neues mehr produziere. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass CO<sub>2</sub>-freie erneuerbare Energie genutzt wird. Als potenzielle Standorte bieten sich daher vor allem Gegenden an, in denen Wind-, Solar- oder Wasserkraft zur Verfügung steht. Für Dittmeyer ist klar: „Wenn wir die Klimaziele noch erreichen wollen, werden wir nicht umhinkommen, Verfahren wie dieses weltweit und in großem Stil anzuwenden.“

Ähnlich sieht es auch Prof. Dr. Thomas Brück, wengleich er und sein Team eine andere Variante der CO<sub>2</sub>-Reduktion im Blick haben. In ihrem Algentechnikum an

der TU München forschen Wissenschaftler von fünf unterschiedlichen Lehrstühlen an der Produktion von Biokerosin und chemischen Wertstoffen aus Algen. Dabei machen sie sich zunächst das Prinzip der Photosynthese zunutze: Die in offenen Becken kultivierten Salzwasser-algen benötigen hierfür neben Wasser, Licht und einigen Spurenelementen wie Stickstoff eben auch CO<sub>2</sub>, das sich die Forscher derzeit noch aus der Stahlindustrie liefern lassen. Aus diesen Komponenten bauen die Algen Biomasse auf. „In ihrem normalen Umfeld im Meer müssen sie mit wenig Licht klarkommen“, erklärt Brück. „Darum haben sie eine höhere fotosynthetische Aktivität als terrestrische Pflanzen.“ Genau diese Eigenschaft macht sie zu einer Geheimwaffe im Kampf gegen den Klimawandel: Bei guten Bedingungen ist die Ausbeute an Biomasse etwa zehnmal so groß wie bei Pflanzen, die an Land wachsen. Und weil Salzwasser wegen seines höheren pH-Werts CO<sub>2</sub> deutlich besser speichert als Süßwasser, setzt die Salzwasser-alge 90 % des eingeleiteten CO<sub>2</sub> in Biomasse um. Im Technikum werden die Algen nach etwa zwei Wochen geerntet. Kurz vorher setzen Brück und seine Kollegen sie unter Stress, indem sie die Stickstoffzufuhr unterbrechen, wodurch die Algen aufhören zu wachsen und Fett einlagern. Dieses wird über ein umweltschonendes Prozedere aus den Zellen gelöst und durch Zentrifugieren in Öl und Restbiomasse getrennt. Während sich Letztere zum Beispiel für Nahrungsmittel verwenden lässt, kann das Öl mittels Hydrolyse zu Fettsäuren und schließlich zu Biokraftstoff verarbeitet werden. Übrig bleibt, praktisch als Abfallprodukt, Glycerin. „Das ist bisher üblicherweise an die Kosmetik- und Pharmaindustrie gegangen“, so Brück. „Aber bei den Mengen an Biokraftstoffen, die künftig weltweit produziert werden sollen, brauchen wir alternative Nutzungen.“ Die innovative Idee: Über chemische Katalyse wandeln sie das Glycerin in Acrylnitril um – und das wiederum ist der universelle Vorläufer aller kommerziellen Carbonfasern. „Die Industrie kann unsere grünen Carbonfasern zur Produktion von Bauteilen



### Porträt Thomas Brück

Prof. Dr. Thomas Brück (47) ist Biochemiker und arbeitete einige Jahre als Manager in der chemischen Industrie. 2011 wechselte er an die Technische Universität München, wo er seit 2018 den Werner Siemens-Lehrstuhl für Synthetische Biotechnologie innehat.

Grünlich schimmern die zwei Pools auf der 1.500 m<sup>2</sup> großen Testfläche im Süden Münchens. Hier gedeiht die Salzwasseralge *Microchloropsis salina* durch Hinzugabe von circa 40 t Salz pro Jahr. Ihr eingelagertes Fett ist laut Forscherteam ähnlich wertvoll wie Erdöl.



für Autos oder Flugzeuge nutzen.“ Der große Vorteil daran ist, dass das CO<sub>2</sub> so dauerhaft gebunden wäre.

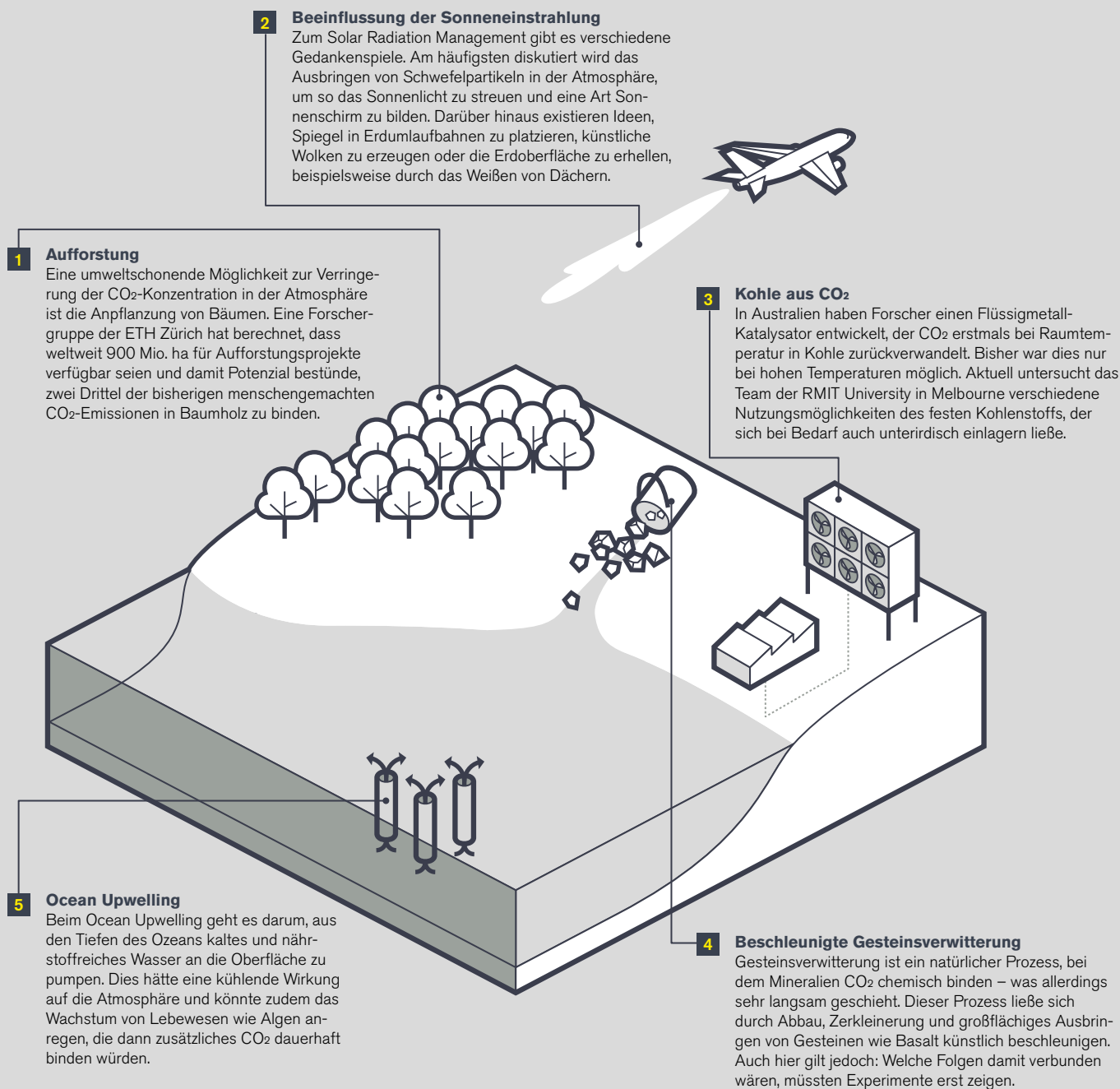
Zudem hat der Professor noch weitere Produkte im Sinn, die sich aus dem Algenöl herstellen ließen: So arbeitet sein Team aktuell an einem Komposit, das beim Bauen zum Einsatz kommen soll und dort Zement ersetzen könnte. Wenn sich tatsächlich ein globaler Klimaeffekt ergeben soll, müsste nach Brücks Berechnungen allerdings CO<sub>2</sub> in einer Größenordnung von mehreren Gigatonnen fixiert werden. „Dafür bräuchte es eine Fläche etwa in der Größe Algeriens“, macht er deutlich. Das Meer will er für sein Verfahren nicht nutzen, da sich das Wachstum der Algen dort nicht kontrollieren ließe. Stattdessen ist die Idee, etwas landeinwärts große Algenbecken zu installieren und diese mit einer Meerwasserzufuhr zu versehen. Das CO<sub>2</sub> sollen Anlagen

wie die oben erwähnte von Climeworks aus der Luft filtern. „Wir brauchen Temperaturen von 15–35 °C und viel Sonne“, unterstreicht Brück, „darum wären Standorte in Südeuropa oder Nordafrika gut geeignet.“ Er ist überzeugt, dass diese Art der Algenutzung als eine von verschiedenen CO<sub>2</sub>-Speicher- und Reduktions-Methoden eine wichtige Rolle spielen wird, da die Umsetzung von CO<sub>2</sub> in Wertstoffe hier besonders effizient sei. „Mit der Innovationskraft, die wir in Deutschland haben, sind wir da gut aufgestellt. Wir müssen nur die Ersten sein, die es auch machen.“

Mit innovativen und in großem Maßstab eingesetzten Technologien die Welt retten: Dazu gibt es viele Ideen. Bislang basieren sie allerdings im Wesentlichen auf Computer-Simulationen oder ersten kleineren Praxistests. Kritische Stimmen warnen zudem vor unkontrollierbaren Folgen. So rät das

Umweltbundesamt von Geo-Engineering ab, da es „potenzielle Nutzungskonflikte von Ressourcen mit sich bringen und mögliche unvorhersehbare globale Risiken bergen könnte“. Auch der Weltklimarat kommt in seinem Sonderbericht über die Folgen einer globalen Erwärmung um 1,5 °C zu dem Ergebnis, dass zumindest die Maßnahmen zur Veränderung der Sonneneinstrahlung mit großen Unsicherheiten und Wissenslücken behaftet seien. Dass es aber nicht mehr ausreicht, sich zum Erreichen der Klimaziele auf eine Reduzierung der Treibhausgas-Emissionen zu beschränken, davon sind mittlerweile viele Fachleute überzeugt. Wer jetzt an Methoden forscht, der Atmosphäre aktiv CO<sub>2</sub> zu entziehen, hat daher realistische Chancen, sein Verfahren eher früher als später auf den Markt zu bringen.

## Weitere Projektideen aus der Welt des Geo-Engineerings





# Jeder Schritt zählt

Im Dezember 2012 gewannen Femke Dijkstra und Maritska Aarts einen internen Brunel Ideenwettbewerb. Ihre Idee: die Brunel Foundation, eine Plattform für sozial engagierte Mitarbeiter. Heute fungiert die Stiftung als Plattform, die es Brunel Mitarbeitern weltweit ermöglicht, einen Beitrag für die Gesellschaft und den Planeten zu leisten. Ihr Schwerpunkt: Menschen mit Autismus bessere berufliche Chancen ermöglichen sowie die Reduzierung von Plastikmüll in den Ozeanen.

**Text** › Stine Behrens



**A**m Anfang war es eine spontane Idee, die während einer gemeinsamen Fahrt aus den südlichen Niederlanden zum Hauptsitz von Brunel in Amsterdam entstanden ist. „Wir wollten bei dem Brunel Ideenwettbewerb ein innovatives Konzept einreichen, das nichts mit unserem Fachbereich zu tun hatte“, erklärt Maritska Aarts. „Hiermit wollten wir zeigen, dass die Entwicklung von CSR-Aktivitäten nicht im Widerspruch zum Kerngeschäft unseres Unternehmens stehen muss.“ Zwar wussten die beiden Gründerinnen, dass bei Brunel bereits mehrere Initiativen zum Wohle der Gesellschaft

verfolgt wurden, doch gab es hierzu bislang keine umfassende Organisation oder Mission. „Uns war klar, wo die Brunel Foundation ihren Schwerpunkt setzen sollte und dass sie sowohl für Brunel als auch für unsere Kollegen einen echten Mehrwert darstellen soll“, sagt Femke Dijkstra. Im April 2013 wurde die Brunel Foundation im Hauptsitz von Brunel Netherlands in Amsterdam von Dijkstra und Aarts offiziell ins Leben gerufen. „In den ersten Jahren war es nicht leicht, unsere Arbeit als Corporate HR Consultant, unser Privatleben und unseren freiwilligen Einsatz für die

Foundation in Einklang zu bringen“, erinnert sich Femke Dijkstra. „Um eine reibungslose Umsetzung zu gewährleisten, fassten wir anfangs ‚nur‘ zwei oder drei Aktivitäten pro Jahr ins Auge, vor allem in den Bereichen Bildung, Innovation und gesellschaftliche Sensibilisierung.“ Da die beiden auf diesem Gebiet Einsteigerinnen waren, kontaktierten sie verschiedene andere Stiftungen, lasen themenbezogene Literatur und besuchten Networking-Veranstaltungen. In der ersten Zeit konzentrierten sich die Gründerinnen auf den Aufbau der Stiftung und auf die Marktrecherche. „Das tun wir auch

**25**

Vor 25 Jahren wurde der Nachhaltigkeit weniger Bedeutung beigemessen als heute. Spätestens seitdem bekannt ist, welchen Schaden etwa Plastikmüll der Umwelt zufügt, hat ein Umdenken stattgefunden. Gleiches wollen wir für den Umgang mit Menschen mit Autismus auf dem Arbeitsmarkt erreichen.

### Porträt Femke Dijkstra

Femke Dijkstra (48) studierte International Tourism Management und Consulting sowie Human Resources Management. Anschließend arbeitete sie in verschiedenen Positionen im Personalwesen. 2001 kam sie als Corporate HR Consultant zu Brunel.

### Porträt Maritska Aarts

Maritska Aarts (42) studierte von 1996 bis 2000 Human Resources Management und stieg bereits 1998 parallel bei Brunel in den Niederlanden im Rahmen eines Praktikums ein. Später arbeitete sie für Brunel als Corporate HR Consultant.



heute noch, um unser Wissen zu erweitern und Anregungen zu erhalten“, betont Maritska Aarts. Ab 2014 wurde die Brunel Foundation als eine der Wohltätigkeitsorganisationen in die Jahresendspenden von Kunden und Mitarbeitern aufgenommen. Dadurch erhielten Dijkstra und Aarts die Chance, eigene Projekte zu finanzieren und zu starten. 2019 wurde die Stiftung zur Global Brunel Foundation. In diesem Zuge übernahm die Stiftung die Schwerpunktbereiche des seit 2018 bestehenden Brunel CSR-Konzepts: Planet und People.

## Talente sichtbar machen

Zu Beginn ihrer Arbeit mit der Brunel Foundation organisierten Dijkstra und Aarts für Kinder Programmier-Workshops, die von

Brunel IT-Spezialisten konzipiert und betreut wurden. Dabei stellten sie fest, dass diese Workshops häufig von Kindern mit Autismus-Spektrum-Störungen besucht wurden, und konzentrierten sich zunehmend auf dieses Thema. „In unseren persönlichen Gesprächen mit den Eltern der Kinder erfuhren wir mehr über die Herausforderungen, mit denen Menschen mit Autismus im Alltag konfrontiert sind“, berichtet Femke Dijkstra. Die beiden Frauen fragten sich: Was ist, wenn diese Kinder trotz ihrer besonderen Talente später keinen Job finden, und all das nur, weil es am Arbeitsplatz keine entsprechende Förderung gibt oder sie keine Ausbildung absolvieren können? „Dies war der Anlass für uns, als Arbeitgeber mehr für diese Schwerpunktgruppe zu tun“, erklärt Maritska Aarts. „Die nachhaltige Teilnahme von Menschen mit Autismus am Arbeitsleben erfordert eine allgemeine Offenheit für

diesen Zusammenhang. Wir wollen Talente sichtbar machen, Bewusstsein für den Themenkomplex Autismus schaffen und dafür sorgen, dass alle die gleichen Chancen haben.“ Um dies zu erreichen, ging die Foundation eine Partnerschaft mit der dänischen Stiftung Specialisterne ein, die es sich auf die Fahne geschrieben hat, auf die beruflichen Herausforderungen für Menschen mit Autismus öffentlichkeitswirksam hinzuweisen und sie auf der ganzen Welt bei der Suche nach einem Job zu unterstützen. Mit der Ausrichtung eines Launch-Events zur Feier der Partnerschaft, bei der Brunel Mitarbeiter sowie Experten, NGOs und „Specialisterne“ zusammenkamen, haben die Gründerinnen bereits einen wichtigen Schritt in Richtung ihres Ziels unternommen: Sie sind davon überzeugt, dass jeder, der am Arbeitsmarkt teilnehmen kann und will, auch die Möglichkeit dazu erhalten sollte.





Weltweit finden sich Brunel Mitarbeiter regelmäßig an Land oder an Gewässern zusammen, um gemeinsam Plastikmüll zu sammeln – so wie hier in den Niederlanden. Mithilfe einer CO<sub>2</sub>-Scorecard, auf der jede Niederlassung ihre „grünen Ziele“ dokumentiert, arbeitet jeder der 120 Brunel Standorte permanent daran, immer nachhaltiger zu werden.

Brunel möchte Menschen mit Autismus bei der Suche nach einer sinnvollen Beschäftigung helfen und unterstützt damit die Ziele der Vereinten Nationen für nachhaltige Entwicklung (UN-SDGs).

## Umweltbewusstsein und CO<sub>2</sub>-Bilanz

Während der Schwerpunkt „People“ die Unterstützung von Personen mit Autismus ins Auge fasst, soll mit „Planet“ die Umweltverschmutzung stärker ins Bewusstsein gerückt, Plastikmüll reduziert und die CO<sub>2</sub>-Bilanz von Brunel minimiert werden. „So nutzten wir zum Beispiel die Aufmerksamkeit rund um die Teilnahme des ‚Team Brunel‘ am Volvo Ocean Race, einem weltweiten Segelwettbewerb, um die Verschmutzung der Ozeane durch Plastikmüll in den Fokus zu rücken“, sagt Femke Dijkstra. „Denn während der Regatta wurde uns noch einmal das ganze Ausmaß des Problems deutlich.“ Entsprechend wurde dieses Brunel Thema zu einem weiteren Schwerpunkt der

Brunel Foundation. Dabei will diese nicht nur helfen, die Weltmeere vom Plastikmüll zu befreien, sondern vor allem auch dazu beitragen, dass der Müll erst gar nicht dorthin gelangt. Daher organisierte und unterstützte sie lokale Initiativen wie Aufräum- und Säuberungsprojekte an Land sowie auf See. Zudem ging die Foundation eine Partnerschaft mit der niederländischen Organisation Tech Playgrounds ein. Gemeinsam arbeiten die beiden Stiftungen im Rahmen der weltweiten Precious Plastic Community am Bau einer Recyclinganlage für Kunststoffe. Das Ziel: auf die Vermüllung der Ozeane aufmerksam machen und zeigen, wie aus Plastik ein nachhaltiges Material entstehen kann.

Aktuell verfolgt die Brunel Foundation mit der Hilfe weiterer Brunel Kollegen, den Mitgliedern der Brunel Foundation Community, die Intention, die Stiftung international sichtbar zu machen. Das Vorhaben von Femke Dijkstra und Maritska Aarts ist es, Nachhaltigkeit und CSR-Aktivitäten als einen natürlichen Bestandteil des Arbeitsalltags in den verschiedenen Brunel Regionen zu

integrieren. „Im Idealfall durchlaufen die Brunel Mitarbeiter während ihrer Karriere eine Nachhaltigkeitsreise, die sie dazu inspiriert und ermutigt, sich für die Gesellschaft einzusetzen und nachhaltige Entscheidungen zu treffen, wann und wo immer dies möglich ist – sowohl innerhalb als auch außerhalb des Unternehmens“, sagt Femke Dijkstra und Maritska Aarts fügt hinzu: „Aus diesem Grund wollen wir in allen Regionen Projekte unterstützen, mit denen wir unsere Stiftungsziele für Planet und People erreichen können.“

---

**Weitere Informationen zur Brunel Foundation finden Sie hier:**  
[www.brunelfoundation.net](http://www.brunelfoundation.net)

# Ein Quantensprung für die IT

Die Nachricht erregte Aufsehen weit über die Fachwelt hinaus: Ende 2019 präsentierte der US-Technologiekonzern Google einen Quantencomputer, der erstmals schneller ist als einer der leistungsstärksten Supercomputer – und zwar um das Milliardenfache. Hat Google damit die Tür zu einer neuen IT-Ära aufgestoßen?

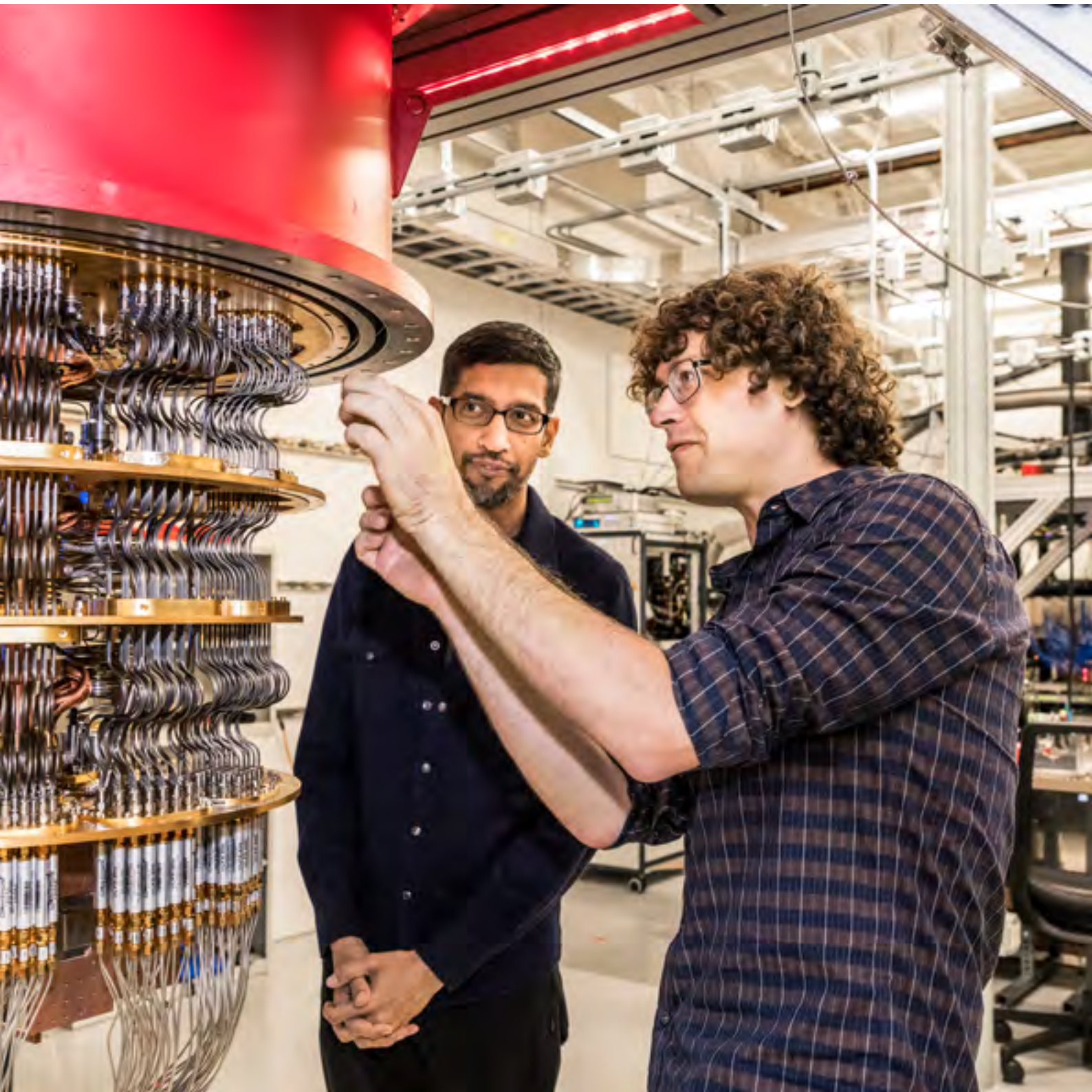
**Text** › Dr. Ralf Schrank

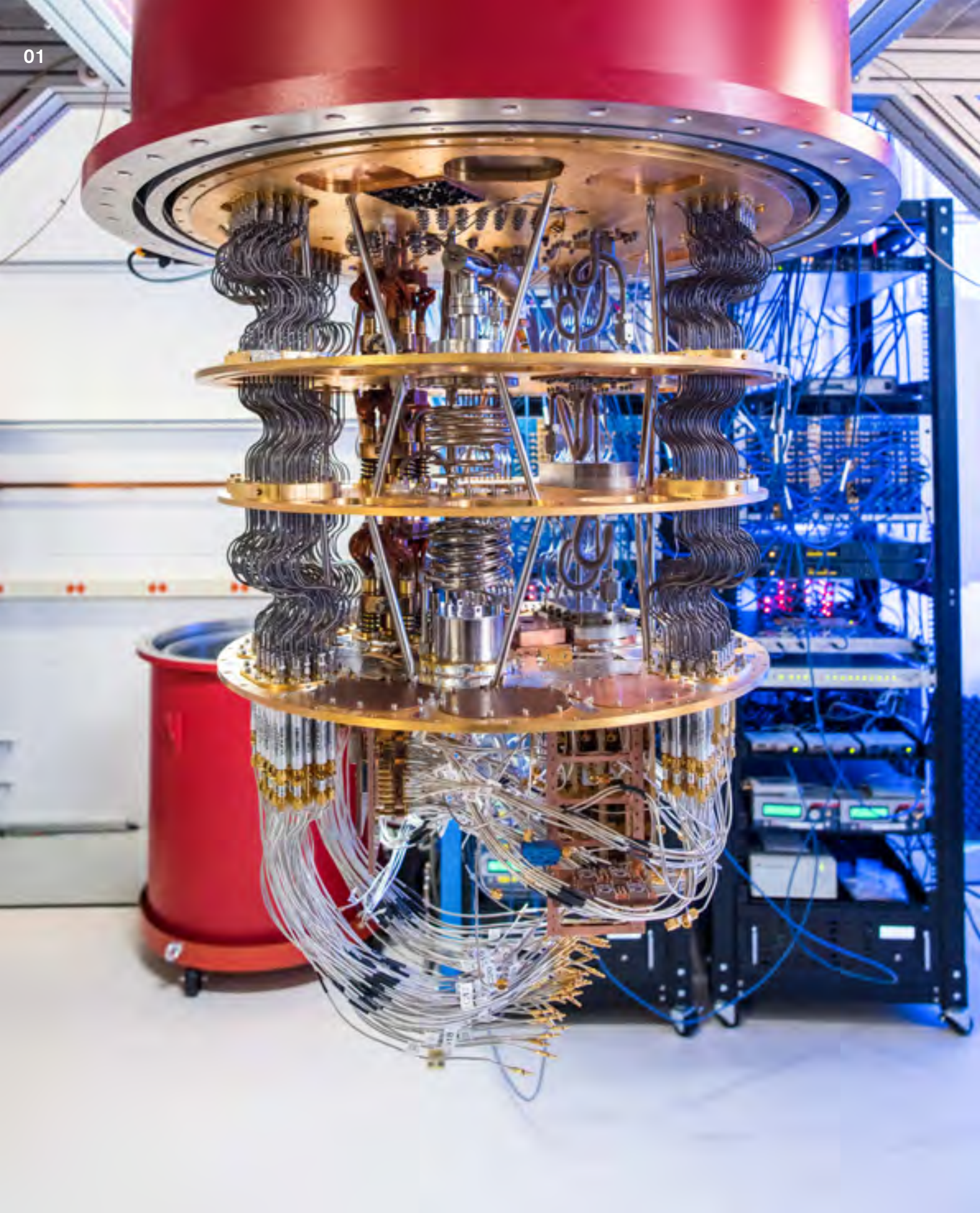
**E**in Blick in das Forschungslabor, in dem Googles neuer Quantenrechner namens Sycamore getestet wird, offenbart eine Armada elektronischer Geräte, armdicke Kabelbäume und im Zentrum ein Kryostat, eine Kältemaschine. Sie alle umgeben einen unscheinbaren, gerade einmal 1 cm<sup>2</sup> kleinen Chip, der auf fast -273,15 °C gekühlt wird, den absoluten Nullpunkt der Temperatur. „Je größer ein Objekt ist, umso schwieriger wird es, seine Quanteneigenschaften aufrechtzuerhalten. Die kleinste Störung, zum Beispiel durch Stöße von Fremdatomen oder elektromagnetische Felder, lässt das Objekt zu ganz gewöhnlicher Materie kollabieren“, begründet Laborleiter Dr. Hartmut Neven den enormen technischen Aufwand. Zudem funktioniert Sycamore nur, solange seine Schaltkreise nahe dem absoluten Nullpunkt supraleitend sind, also den elektrischen Strom ohne Widerstand fließen lassen. Der Sycamore-Chip verfügt über 53 Recheneinheiten in Form von supraleitenden Miniaturschwingkreisen, sogenannten Transmons. Als Quantenobjekte schwingen sie nicht mit jeder beliebigen Frequenz, sondern nur mit diskreten Eigenfrequenzen. Wie

ein klassischer Mikrochip nutzt Sycamore für Berechnungen die Binärwerte 0 und 1. Während diese aber normalerweise eindeutig einem der beiden Zustände – stromleitend oder stromsperrend – zuzuordnen sind, repräsentiert im Quantenchip dagegen das Quantenbit, kurz Qubit, eine Überlagerung beider Zustände.

Es ist nicht einfach, sich dies vorzustellen. Denn Quantenobjekte verfügen neben dieser Superposition, also der Überlagerung mehrerer möglicher Zustände, über eine Reihe weiterer bizarrer Eigenschaften, die in krassem Gegensatz zu den Alltagserfahrungen stehen, die wir mit gewöhnlichen Objekten machen. So sagte einst schon Richard Feynman, Nobelpreisträger 1965 und Pionier der Quantenphysik: „Wer behauptet, die Quantenphysik verstanden zu haben – der hat sie nicht verstanden.“ Zum Beispiel kann sich ein Quantenobjekt an verschiedenen Orten gleichzeitig aufhalten und ein Physiker kann durch wiederholtes Messen lediglich Wahrscheinlichkeiten dafür angeben, es hier oder dort anzutreffen. Erst in dem Moment, in dem er den Ort mithilfe einer Messung bestimmt, entscheidet sich







das Objekt für einen der vielen möglichen Orte – und verliert zugleich seine Quanteneigenschaften: Es kollabiert zu einem Objekt unserer Alltagswelt. Ebenso exotisch ist das Phänomen der Verschränkung: Quantenobjekte lassen sich so miteinander koppeln, dass die Eigenschaften des einen jene der anderen bestimmen. Verändert man den Zustand eines Objekts, ist damit augenblicklich der Zustand der anderen festgelegt – unabhängig von der Entfernung zwischen ihnen und ohne dass sie Informationen austauschen.

## Schnelligkeit dank Wellenfunktionen

Quantenphysiker erfassen Superposition und Verschränkung, indem sie Quantenobjekte mathematisch als ausgedehnte Wellen behandeln. Dann lassen sich ihre Eigenschaften mit sogenannten Wellenfunktionen eindeutig beschreiben. Die unterschiedliche Arbeitsweise eines klassischen und eines Quantenprozessors lässt sich am Beispiel eines Karteikastens mit 1.000 Karteikarten veranschaulichen: Ein Computer soll die eine Karte finden, auf der sich ein Wort befindet, das auf allen anderen Karten fehlt. Der klassische Rechner muss die Karteikarten nacheinander analysieren, bis er die richtige findet. Mit viel Glück ist die erste Karte die richtige, mit viel Pech die letzte. Im Mittel braucht er 500 Arbeitsschritte bis zum Treffer. In einem Quantenrechner wird jeder Karteikarte eine Wellenfunktion zugeordnet, die alle Informationen über den Karteninhalt enthält. Die Superposition aller 1.000 Wellenfunktionen ergibt eine Super-Wellenfunktion mit sämtlichen im Karteikasten vorhandenen Informationen. Ein einziger Arbeitsschritt, nämlich die Analyse der Super-Wellenfunktion, genügt, um den Ort des Wortes zu identifizieren.

Um Sycamore zu testen, hat Google eine fiktive Aufgabe ersonnen, die letztlich ohne praktischen Nutzen war – es ging lediglich darum, zu prüfen, ob der Prozessor tatsächlich mit Quanten rechnet. Jede aktive

Recheneinheit auf dem Chip, die oben erwähnten Transmons, erzeugte bei diesem Verfahren einen zufälligen Binärwert. Alle Werte zusammen liefern einen Zufallsstring aus Nullen und Einsen. Entscheidend ist, dass in einem Quantensystem nicht alle möglichen Stringvarianten gleich wahrscheinlich sind, sondern einige häufiger, andere seltener auftreten. Tatsächlich stimmten die von Sycamore errechneten Strings nahezu perfekt mit den quantenphysikalisch zu erwartenden überein – der Beweis für Quantentätigkeit war erbracht. Werden alle 53 vorhandenen Transmons aktiviert, dann liefert Sycamore in 200 s 1 Mio. Strings mit jeweils 53 Zeichen. Für jeden String sind etwa 9 Mrd. Varianten möglich.

Die Google-Forscher schätzen, dass einer der schnellsten Supercomputer der Welt, der von IBM 2018 gebaute und am staatlichen Oak Ridge National Laboratory in Tennessee betriebene Summit, 10.000 Jahre bräuchte, um alle Varianten durchzurechnen. IBM-Entwickler, die selbst mit Hochdruck an einem programmierbaren Quantencomputer arbeiten, reagierten postwendend auf die von Google behauptete Quantenüberlegenheit: Mit optimierten Algorithmen würde Summit die Aufgabe in zweieinhalb Tagen lösen. Google-Experte Neven hält dagegen: „Selbst wenn IBM recht hätte – würden wir unseren Chip um ein weiteres Transmon erweitern, geriete Summit sofort wieder hoffnungslos ins Hintertreffen.“

Ob 10.000 Jahre oder 2,5 Tage – beides ist deutlich mehr als 200 s. Superposition und Verschränkung verschaffen dem Quantencomputer mit bescheidenen 53 Recheneinheiten diese haushohe Überlegenheit gegenüber einem Supercomputer, der mit 9.000 Prozessoren modernster Bauart arbeitet, jeder mit 8 Mrd. Transistoren bestückt. Die außerordentliche Leistung des Google-Teams besteht darin, Bedingungen geschaffen zu haben, unter denen ein System aus 53 Quantenobjekten ausreichend lange stabil ist. Denn in der Realität gibt es zwei starke Feinde, die den Kollaps der Wellenfunktionen schon herbeiführen, bevor



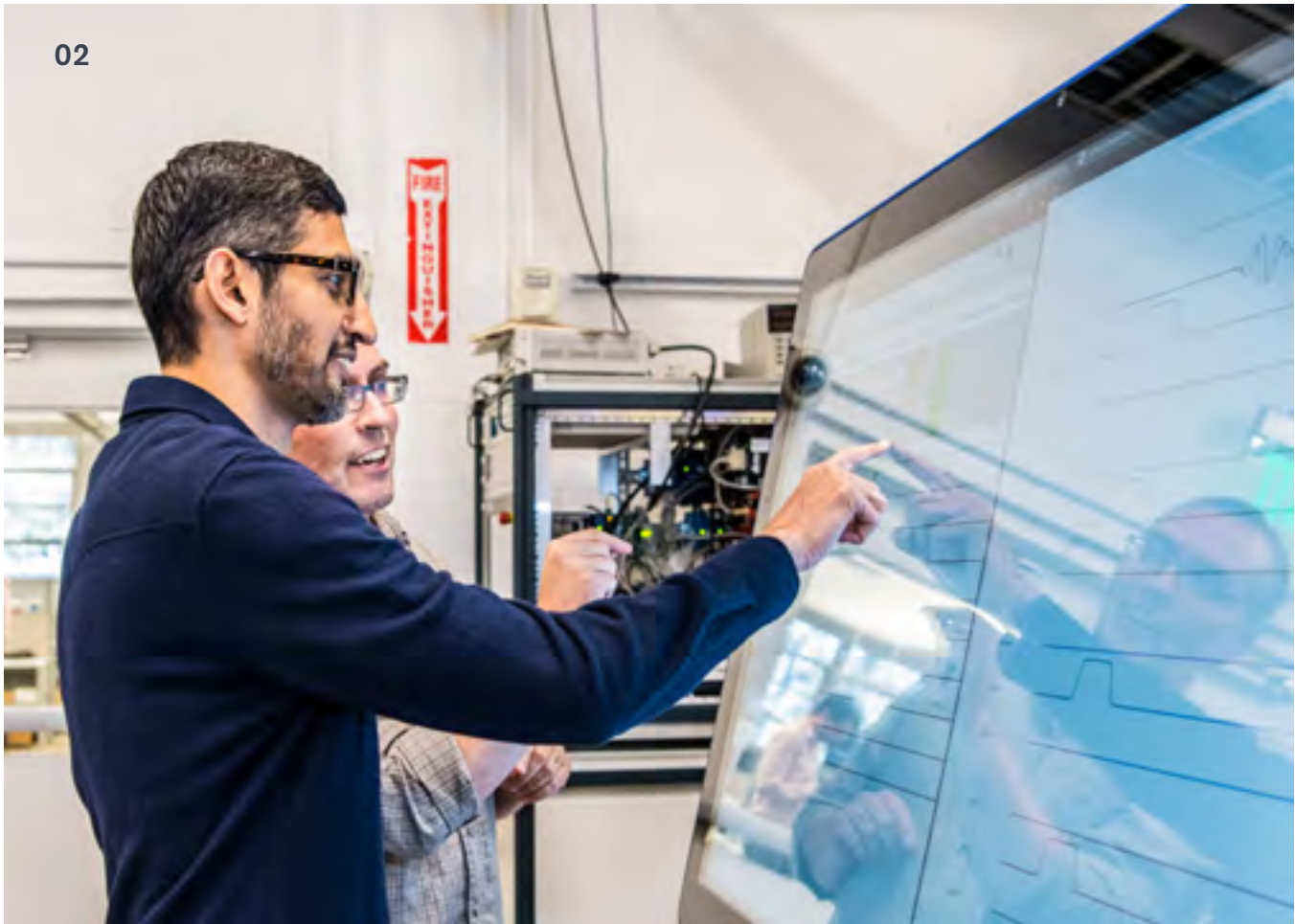
## Porträt Hartmut Neven

Dr. Hartmut Neven (56), geboren in Aachen, studierte Physik und Wirtschaftswissenschaften in Deutschland, Frankreich, Brasilien und Israel. 1996 promovierte er an der Ruhr-Universität Bochum im Bereich Neuroinformatik und wechselte 2006 zu Google. 2012 gründete er das dortige Quantum AI Lab, das er bis heute als technischer Direktor von Google Research leitet.

### 01

Ein klassischer Prozessor mit 20 Bits kann genau eine Binärkombination aus 20 Nullen und Einsen darstellen, während ein Quantenprozessor mit 20 Qubits bereits mit über 1 Mio. Kombinationen arbeitet. Beim Sycamore von Google ist die Rechenleistung noch um ein Vielfaches höher.

02



die Qubits ihre Arbeit getan haben und ausgelesen werden können: das Rauschen und die Dekohärenz.

Als Rauschen werden kleine Störungen bezeichnet, vergleichbar mit dem „Schnee“-Bild eines alten Röhrenfernsehers, wenn kein Sender eingestellt war. Es ist stets vorhanden, lässt sich nur teilweise unterdrücken und kann durch Zustandsveränderung eines Qubits zu einem Rechenfehler führen. Google-Forscher Neven erläutert: „Der Erfolg von Sycamore beruht vor allem darauf, dass wir die Fehlerrate auf etwa 0,3% senken konnten.“ Das entspricht drei Fehlern bei tausend Qubit-Operationen. Für die von Sycamore durchgeführte Aufgabe, der Darstellung von zufälligen Binärwertverteilungen, ist diese Fehlerrate tolerierbar. Für

gewöhnliche Rechenaufgaben, bei denen konkrete Ergebniswerte erwartet werden, wäre sie jedoch noch viel zu hoch. Um sie weiter zu senken, wird das Google-Team jetzt eine Reihe von Konzepten zur Fehlerkorrektur erproben. Noch gefährlicher könnte dem Quantencomputer ein zweiter Feind werden: die Quantendekohärenz.

## Lösung für vernetzte globale Probleme

Damit sind irreversible Zustandsänderungen bis hin zum vollständigen Verlust der Quanteneigenschaften (der „Kohärenz“) gemeint, die beim Kontakt eines Quantensystems mit seiner Umwelt unweigerlich stattfinden.

Auf Sycamore kann die Kohärenz immerhin für einige Mikrosekunden aufrechterhalten werden. Zukünftige größere Quantencomputer werden deutlich längere Kohärenzzeiten haben müssen. Skeptiker meinen jedoch, dass Dekohärenz ab einer bestimmten Größe eines Quantensystems unausweichlich eintritt und deshalb ein fehlerkorrigierter Quantenprozessor nie gebaut werden kann. Hartmut Neven widerspricht: „Alle unsere Experimente mit supraleitenden Qubits lassen für das von uns gewählte Chipdesign keine Grenze der Skalierbarkeit erkennen.“ Auf der Basis der Erfahrungen des Quantum-AI-Teams seit 2012 sagt er ein doppelt exponentielles Wachstum der Quantenchip-Kapazitäten voraus. Als Nevens Gesetz hat diese These Eingang in die Fachwelt



gefunden. Danach würde bereits in zehn Jahren ein programmierbarer Quantenchip mit 1 Mio. Qubits zur Verfügung stehen, der für nützliche Berechnungen und hochgradig vernetzte Probleme der nahen Zukunft taugen würde, an denen selbst die leistungsfähigsten klassischen Computer scheitern werden: etwa die Organisation einer ökologisch verträglichen Nahrungsmittelproduktion für eine Menschheit, die bald die 10-Mrd.-Marke überschreiten wird. Oder die Entwicklung eines globalen Konzepts zur Bewältigung der menschengemachten Klimakrise.

Selbst wenn sich Nevens Einschätzung als falsch erweisen sollte: Die Quantenüberlegenheit von Sycamore wird die weitere Erforschung des Quantencomputing beflügeln, das Verständnis der Quantenphysik vertiefen und andere Anwendungen der Quantentechnik befruchten: Quantensensoren mit ungeahnter Empfindlichkeit für extrem präzise Messungen in der medizinischen Diagnostik oder ultragenauzeitmessungen

für die Navigation. Quantensimulatoren werden komplexe Moleküle modellieren und deren Eigenschaften als Medikamente, Düngemittel, Katalysatoren, Batteriekomponenten und vieles mehr optimieren. Quantenkommunikation und Quantenkryptografie werden das absolut abhörsichere Internet ermöglichen. Ob der Quantencomputer die IT-Welt in wenigen Tagen, in 100 Jahren oder nie revolutionieren wird, ist beim heutigen Stand des quantentheoretischen Wissens allerdings nicht seriös vorauszusagen. Fest steht aber: Der Quanten-PC für jedermann wird angesichts des enormen technischen Aufwands noch lange auf sich warten lassen.

## 02

Am Quantum AI Lab in Mountain View, Kalifornien, forschen etwa 70 Experten an supraleitenden Quantenchips. Zudem soll ein Quantum Data Center externen Wissenschaftlern den Online-Zugriff auf Quantenprozessoren mit mehr als 50 Qubits ermöglichen.

## 03

Der Sycamore-Chip besteht aus Aluminium und Indium zwischen zwei Silizium-Scheiben. In das Material sind 53 aktive supraleitende Miniaturschwingkreise in Form winziger Kreuze eingätzt. Jeder Schwingkreis ist eine technische Meisterleistung.

# Filigrane Konstruktionen

Präzise Strahlführungssysteme für die medizinische Endoskopie und optische Module für Laser Communication Terminals, die eine ultraschnelle Datenübertragung zwischen Weltraumsatelliten und Bodenstation ermöglichen: Das sind nur zwei der Hightech-Anwendungen, an denen die Brunel Mitarbeiterin Evelin Reich seit Ende 2019 in der Betriebsmittelkonstruktion von Berliner Glas mitarbeitet.

**Text** › Dr. Ralf Schrank

01



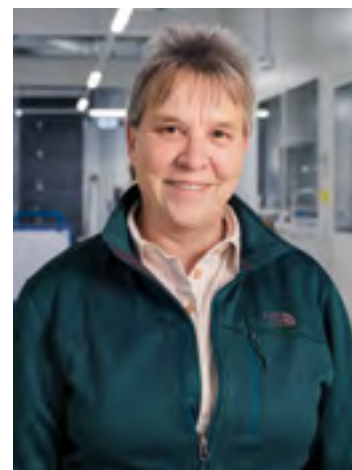


**D**ie Berliner Glas Gruppe gehört zu den Weltmarktführern bei der Entwicklung und Produktion von hochtechnischen optischen Komponenten und Baugruppen. An Standorten in Deutschland, der Schweiz und China entwickelt das Unternehmen als OEM-Partner Systemlösungen für die Medizin, die Halbleiterindustrie, die Laser- und Weltraumtechnik sowie die Displayindustrie. „Zu den Produkten zählen unter anderem hochwertige Präzisionsoptiken

wie großformatige Zylinderlinsen oder ultraplane Optiken, Prismensysteme, Präzisionshalterungen und Planflächen sowie Spezialgläser, Präzisionshalterungen für die Halbleitertechnik oder optomechanische Baugruppen“, erläutert Evelin Reich, Maschinenbau-Ingenieurin der Fachrichtung Konstruktion. Entsprechend vielfältig müssen die Erfahrungen und Fähigkeiten der etwa 20 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Betriebsmittelkonstruktion sein.

„Wichtig für meine Arbeit sind detaillierte Werkstoffkenntnisse und das Know-how rund um mechanische Komponenten, von den Bearbeitungsmöglichkeiten bis zur Belastbarkeit beim späteren Einsatz.“ Eigentlich wollte Reich Kraftfahrzeugmechanikerin werden, aber diese Ausbildung war Mädchen in der damaligen DDR weitgehend versperrt. Also entschied sie sich für eine Ausbildung zur technischen Zeichnerin im Berliner Kabelwerk Oberspree und erweiterte ihre Fähigkeiten später mit einem Maschinenbaustudium an der Ingenieurschule Wildau am südlichen Rand Berlins (heute Technische Hochschule Wildau). Für zehn Jahre kehrte sie in ihren Lehrbetrieb zurück, absolvierte danach eine Weiterbildung und war mehrere Jahre als Konstrukteurin in verschiedenen Bereichen aktiv – vom Architekturbüro über die Baubranche bis zur Verfahrensautomation.

Bei Brunel kann Evelin Reich seit sechs Jahren ihre vielseitigen Talente und Erfahrungswerte unter Beweis stellen – aktuell erfolgreich bei Berliner Glas. Abwechslungsreich fiel ihre Einarbeitungsphase hier nicht nur aufgrund der neuen Arbeitsumgebung aus, sondern auch durch die Möglichkeit, die Aufgaben zum Teil in Präsenzzeiten am Unternehmensstandort und mobil von zu Hause aus über das Firmen-Intranet via Bildschirm umzusetzen. „Hautnah bei den Produkten und Kollegen zu sein, hat natürlich seine Vorzüge“, bemerkt sie, „aber dank Microsoft Teams, Outlook und Telefon kann ich auch von zu Hause aus jederzeit mit dem Team kommunizieren. So oder so findet meine Arbeit zum Großteil am Rechner statt: Mit Tools wie SolidWorks und SAP konstruiere



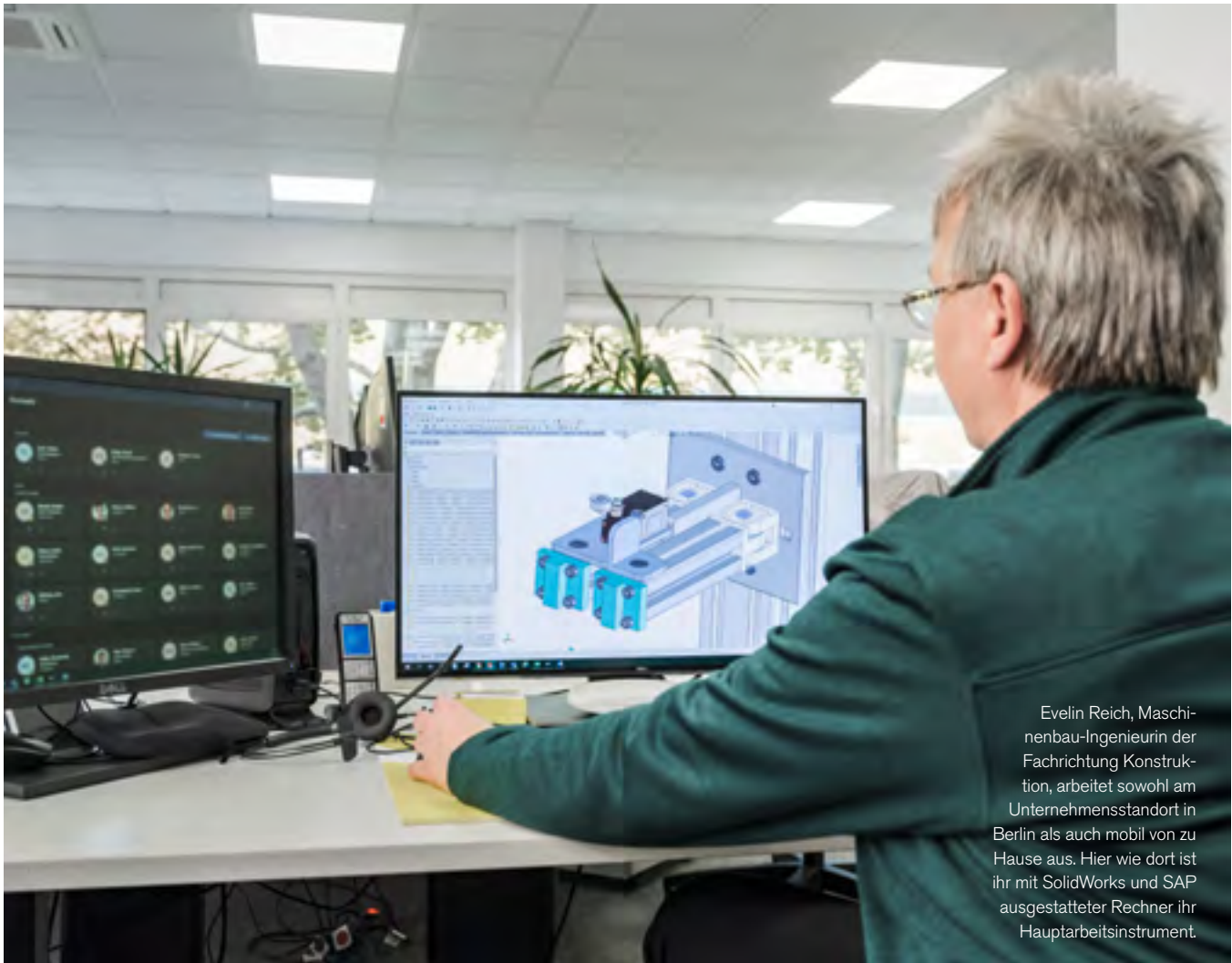
## Porträt Evelin Reich

Dipl.-Ing. (FH) Evelin Reich (60) studierte ab 1978 Maschinenbau an der Ingenieurschule Wildau. Ab 1981 arbeitete sie im Berliner Kabelwerk Oberspree und bildete sich anschließend zur technischen Betriebswirtin fort. Nach der Wende setzte sie ihr Konstruktions-Know-how unter anderem in einem Architekturbüro ein, als Bauleiterin und Sicherheitsbeauftragte in einem norwegischen Bauunternehmen für Tankstellen sowie über elf Jahre im Bereich Verfahrensautomation. Seit 2014 ist Reich für Brunel bei Firmen in Dägeling, Lübeck und Flensburg sowie aktuell für Berliner Glas im Einsatz.

### 01

Mit Verständnis für optische Systeme und optische Fertigungstechnik integriert Berliner Glas am Standort Berlin Optik, Mechanik und Elektronik zu innovativen Systemlösungen. Die Entwicklerteams arbeiten eng mit den Kunden – hier aus dem Bereich Raumfahrt – zusammen.





Evelin Reich, Maschinenbau-Ingenieurin der Fachrichtung Konstruktion, arbeitet sowohl am Unternehmensstandort in Berlin als auch mobil von zu Hause aus. Hier wie dort ist ihr mit SolidWorks und SAP ausgestatteter Rechner ihr Hauptarbeitsinstrument.

ich Vorrichtungen wie präzise Halterungen für empfindliche Elemente, die für hochsensible Messungen oder für Testläufe auf Prüfständen benötigt werden.“ Jedes Projekt beginnt mit einem eingehenden Briefing mit einem Produktentwickler von Berliner Glas. Reich erläutert: „Gemeinsam definieren wir jeden Konstruktionsschritt und leiten aus der Projektplanung einen Kostenvoranschlag und eine Stundenkalkulation ab.“ Dann beginnt ihre Konstruktionsarbeit am Computer. Während dieses Prozesses steht sie in permanentem Austausch mit den Entwicklern und Seniorkonstruktoren der eigenen Abteilung, um Konzeptvarianten

und Erfahrungen aus vorangegangenen Projekten abzustimmen. 20 bis 40 Arbeitsstunden dauert ein typisches Projekt.

## Von der Konstruktionsarbeit zum Testing

Am Ende prüft eine Kollegin oder ein Kollege aus der Betriebsmittelkonstruktion die Konstruktionszeichnung stets nach dem Vier-Augen-Prinzip, bevor ein interner Kunde, meist aus der Produktentwicklung, die Zeichnung freigibt. Jetzt kann das Bauteil in der betriebseigenen Werkstatt oder in

besonderen Fällen in einer externen Werkstatt gefertigt und anschließend in der Entwicklungsumgebung getestet werden. Nach erfolgreichen Tests integriert Berliner Glas in der Regel feinoptische Module mit mechanischen und elektronischen Komponenten zu Komplettlösungen – zunächst als Prototyp, dann in Serie. Beispiele für solche Lösungen sind optomechanische Präzisionsbaugruppen, mit denen Kunden aus der Halbleitertechnik die Integrationsdichte ihrer Chips weiter steigern können, sowie eine Fertigungseinrichtung, mit der eine hochkomplexe 3D-Kamera zur Erzeugung digitaler Zahnabdrücke mit der nötigen optischen



## Berliner Glas Gruppe

**Mitarbeiter**  
über 1.600

**Umsatz 2019**  
229 Mio. €

**Standorte**  
Deutschland: Berlin, Schwäbisch Hall,  
Syrgenstein  
Schweiz: Heerbrugg (SwissOptic AG)  
China: Wuhan

**Produktionsfläche**  
55.180 m<sup>2</sup>

Qualität in Serie hergestellt werden kann. Meist betreut Evelin Reich mehrere Projekte gleichzeitig; aktuell ist eines davon in der Endphase, zwei befinden sich in der Entwurfsphase. Ihre Aufgabengebiete sind dabei äußerst vielfältig: Neben einem Fahrgestell für Container, in denen Gefahrgüter für die Produktion sicher transportiert werden können, konstruiert sie auch einen Sicherheitsverschluss, der eine Präzisionskamera in einer Prüfanlage bei Langzeitmessungen vor Dejustierung schützt. Darüber hinaus arbeitet Reich an Kunststoffschablonen, mit denen sich Spezialteile zur weiteren Bearbeitung mit hoher Genauigkeit und exakt reproduzierbar auf Maschinentischen positionieren lassen. Bis auf 200 Nanometer (0,0002 mm) genau müssen optoelektronische und mechanische Bauteile auf diesen Tischen fixiert werden. Deshalb stehen die Tische in Reinräumen höchster Reinheitsklasse. „Die besondere

Herausforderung für mich persönlich lag darin, dass ich selbst noch keine Reinraumtests durchgeführt habe und die Anforderungen daher ausschließlich in der Theorie kannte“, beschreibt Evelin Reich. Durch enge Abstimmungen mit ihren Kollegen sowie auf Basis der umfassenden Konstruktionsrichtlinien im Intranet von Berliner Glas konnte sie sich optimal in das Projekt einarbeiten: Die Schablonen erfüllen alle gestellten Anforderungen und werden gerade in der haus-eigenen Werkstatt gefertigt. „Hierbei kamen mir auch die vielfältigen Erfahrungen zugute, die ich bei meinen früheren Tätigkeiten in den unterschiedlichsten Branchen mit ganz unterschiedlichen Werkstoffen und Konstruktionsgrößenordnungen gesammelt habe“, betont Evelin Reich. „Denn unabhängig von dem Produkt und dessen Einsatzgebiet gilt immer: In der Konstruktionsarbeit ist Präzision das A und O.“

## 02

Im Reinraum darf eine definierte Maximalkonzentration luftgetragener Partikel nicht überschritten werden. Er ist so konstruiert, dass reinheitsrelevante Parameter wie Temperatur, Feuchte und Druck nach Bedarf geregelt werden können. Einströmende Luft wird mittels Filter aufbereitet, um die Produkte vor Umgebungseinflüssen zu schützen.

# „Enttechnisierung ist das neue Smart“

Je mehr Technik, desto besser: Dieses Credo gilt für viele Lebensbereiche, auch für das Wohnen. Aber wie sinnvoll ist es, Gebäude mit immer komplexeren technischen Systemen auszustatten?

Prof. Dipl.-Ing. Timo Leukefeld, Experte für energieautarkes Wohnen, ist überzeugt, dass Neubauten schon in wenigen Jahren weitgehend ohne konventionelle Haustechnik auskommen werden.

**Text** › Anne-Katrin Wehrmann

## **Herr Prof. Leukefeld, Sie forschen aktuell zum „enttechnisierten“ Haus. Wie sind Sie dazu gekommen?**

Zum einen aus betriebswirtschaftlicher Logik. Planer und Architekten stöhnen mittlerweile über die enormen Kosten für Haustechnik wie Lüftungsanlagen, Wärmepumpen oder Bussysteme für Smarthomes. Es ist darum zwingend erforderlich, diese Kosten wieder zu senken. Zum anderen hatte ich ein persönliches Erlebnis: Mein Bussystem ist nämlich kaputtgegangen. Leider hatte der Anbieter kurz vorher Insolvenz angemeldet und konnte weder Ersatzteile noch technischen Support liefern. Im eigenen Haus zu sitzen ohne Licht, ohne Heizung, ohne die Jalousien bedienen zu können, ist nicht gerade angenehm und offenbart den Zielkonflikt – wir übertechnisieren und im schlimmsten Fall kann niemand mehr die Dinge reparieren. Das macht uns komplett abhängig.

## **Zugleich machen Sie sich für technikgestützte vernetzte Energieautarkie von Gebäuden stark. Ist das nicht ein Widerspruch?**

Nein, denn beides gehört zusammen. Durch Enttechnisierung senken wir die Bau- und später auch die Reparatur- und Wartungskosten. Durch Energieautarkie ermöglichen

wir unter anderem neue Geschäftsmodelle, mit denen Vermieter ihre Einnahmen erhöhen können. Zusammen mit zwei Kollegen habe ich etwa gerade ein Modell für Mehrfamilienhäuser entwickelt, das eine für zehn Jahre festgeschriebene Pauschalmiete inklusive Energie-Flatrate vorsieht – Wohnen, Wärme, Strom, Elektromobilität schon enthalten. Die Grundvoraussetzung dafür ist ein energieautarkes Gebäude. Unser Ansatz lautet: So viel Technik wie nötig, aber so wenig wie möglich.

## **Ansonsten droht bei zu viel Technikeinsatz die Gefahr einer „dritten Miete“, wie Sie es nennen?**

Wir müssen grundsätzlich unterscheiden zwischen Effizienz und Effektivität. Effizienz heißt, den Wirkungsgrad zu verbessern. Wenn ich aber etwas Falsches im Wirkungsgrad verbessere, wird es nur etwas weniger falsch. Deswegen rede ich viel lieber über Effektivität: Was sind die wichtigen Dinge, die ich tun muss? Neben der Kaltmiete zahlen wir eine zweite Miete für Betriebskosten. Diese will die Politik durch Vorgaben wie die Energieeinsparverordnung senken. Dafür gibt es viele unterschiedliche Technologien, deren Lebensdauer leider immer weiter abnehmen, während es gleichzeitig immer weniger Handwerker gibt, die sie reparieren

könnten. Wir sprechen inzwischen von der „dritten Miete“, die sich aus den Kosten für Wartung und Reparatur der Technik ergibt. Es ist anzunehmen, dass diese Kosten die eingesparten Energieausgaben in Zukunft bei Weitem übertreffen werden. Daraus resultiert unsere Motivation, über Enttechnisierung nachzudenken.

## **Wie sollte modernes Bauen denn aussehen?**

Da gibt es viele Aspekte. Es beginnt schon bei der Architektur und der Auswahl der Baustoffe, durch die wir wieder mehr



Mehr erfahren  
zu energie-  
autarken  
Immobilien:

**25**

Während vor 25 Jahren eine optimierte fossile Zentralenergieversorgung und der Einbau jeder Menge Haustechnik meine Branche bewegten, werden in naher Zukunft ein dezentrales erneuerbares Energiesystem sowie enttechnisierte und energieautarke Gebäude normal sein.



### Porträt Timo Leukefeld

Prof. Dipl.-Ing. Timo Leukefeld (50) absolvierte nach seiner Ausbildung zum Instandhaltungsmechaniker ein Studium der Energetik an der TU Bergakademie Freiberg. Er ist Honorarprofessor für das Thema „vernetzte energieautarke Gebäude“ und hat sich als Berater und Redner zu Fragen des Lebens in der Zukunft einen Namen gemacht.

Speichermasse in die Gebäude bringen sollten. Wenn ich zum Beispiel mit Ziegeln baue und Betonplatte, Außenwand sowie Zwischendecken etwas dicker mache, hilft mir das, im Sommer zu kühlen und im Winter die Wärme länger zu halten. Mit Blick auf die Haustechnik wäre modernes Bauen für mich eine Art Low-Hightech: Fotovoltaik, eine Batterie, ein Heizungssystem auf Basis von Infrarotstrahlen – das ist Hightech und sinnvoll. Darüber hinaus ist vieles machbar, kann aber ausgespart werden. Wir sollten uns wieder auf einfache, langlebige und störungsarme Systeme besinnen. Dies gilt gleichermaßen für Firmengebäude. Denn auch

Unternehmer, ob Bauherr oder Mieter, sparen bares Geld durch energetisch ausgewogene Maßnahmen und profitieren von langfristiger Planungssicherheit.

**Wie würden Sie ein solches Haus nennen? Das ist ja nicht das klassische Smarthome, wie wir es heute verstehen.**

Diese Enttechnisierung ist letztlich das neue Smart. Es ist nicht per se schlau, ganz viel Technik einzubauen. Unser Hausmodell mit Infrarotheizung hat beispielsweise keinen klassischen Wärmeerzeuger mehr, keine Fußbodenheizung, Heizkörper,

Warmwasserboiler, Warmwasserleitung, Zirkulationsleitung, zentrale Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung. Warmwasser wird mittels Durchlauferhitzer auch elektrisch erzeugt. Ich gehe davon aus, dass die bisherigen Wasserheizungssysteme in den nächsten 10 bis 15 Jahren bei Neubauten komplett verschwinden werden. Das ist eine richtige Disruption, eine revolutionäre Innovation der Haustechnik.

**Vielen Dank für das Gespräch.**

# Das größte Auge der Welt

In der chilenischen Atacamawüste entsteht derzeit ein Teleskop der Superlative, das die Grenzen des technisch Machbaren ausreizt. Mit einem Fehler von weniger als zwei Nanometern sollen die Segmente des Teleskopspiegels positionierbar sein – eine Herausforderung an Stellmechanik und Steuerelektronik. Brunel-Mitarbeiter und Embedded-Software-Spezialist Michael Pangrate war Mitglied des Entwicklungsteams.

**Text** › Dr. Ralf Schrank

**D**ie Projektverantwortlichen wagen einen großen Vergleich: „Das Extremely Large Telescope (ELT) wird unsere Wahrnehmung des Universums revolutionieren, so wie es Galileos Teleskop vor 400 Jahren getan hat.“ Die geplanten Eigenschaften des Teleskops sind beeindruckend und werden das astrophysikalische Wissen fundamental erweitern: Das ELT wird 100 Mio. Mal mehr Licht sammeln als das menschliche Auge und 13-mal mehr als jedes andere erdgebundene Teleskop. Mit diesem Können soll mithilfe des ELT nach Exoplaneten und den ersten Galaxien im Universum gesucht, supermassive Schwarze Löcher untersucht und die Natur der dunklen Materie sowie der dunklen Energie erforscht werden.

Entwickler des ELT ist die ESO, die Europäische Südsternwarte (European Southern Observatory). Sie wurde 1962 von Belgien, Deutschland, Frankreich, den Niederlanden und Schweden gegründet, um europäischen Astronomen einen Zugang zum südlichen Sternenhimmel zu verschaffen. 2012 beschloss die ESO den Bau des rund 1,1 Mrd. Euro teuren ELT auf dem 3.046 m hohen Berg Cerro Armazones. 2025 soll das ELT seine Arbeit aufnehmen – mit einem

Hauptspiegel mit 39 m Durchmesser und einer Lichtsammel­fläche von 978 m<sup>2</sup> wird es das weltweit größte Teleskop für sichtbares Licht und nahes Infrarot sein.

Der Hauptspiegel des ELT besteht aus 798 sechseckigen Elementen – jedes mit einem Durchmesser von 1,45 m, 5 cm dick und einschließlich Halterung etwa 250 kg schwer. Gefertigt werden sie aus besonders dehnungsarmer Keramik. Zwar sind Luft- und Lichtverschmutzung, die größten Feinde niedrig gelegener Sternwarten, auf dem Cerro Armazones aufgrund seiner Höhe vernachlässigbar. Aber Windlasten, Temperaturänderungen und schwerkraftbedingte Verformungen, die die Positionen der Spiegelsegmente minimal stören, gibt es auch hier. Um sie zu korrigieren, wird für das ELT das derzeit wohl fortschrittlichste aktive optische System überhaupt entwickelt, dessen Grundprinzip die erdgebundene Astronomie seit knapp 30 Jahren nutzt: Kantensensoren detektieren relative Verschiebungen der Spiegelsegmente im Nanometerbereich. Brunel-Mitarbeiter und Software-Entwicklungsingenieur Michael Pangrate erläutert, wie die Spiegelpositionen korrigiert werden: „Ein schneller Prozessor errechnet aus den



Nur 20 km vom bisherigen chilenischen Standort Paranal entfernt, an dem die ESO in gut 2.600 m Höhe das Very Large Telescope (VLT) betreibt, entsteht das Extremely Large Telescope (ELT). Mit dem 2.800 t schweren Primärspiegelsystem des ELT beschreitet die ESO technisches Neuland.

## Porträt

### Michael Pangrate

Michael Pangrate (59) studierte Ingenieurwesen und danach Informatik in Nürnberg. Nach seinem Abschluss als Ingenieur und Technikinformatiker war er bei verschiedenen Unternehmen als Software-Entwicklungsingenieur tätig. Seit 2015 arbeitet er bei Brunel.



Sensorsignale in Echtzeit Steuersignale, mit denen die Spiegelsegmente mithilfe von Aktoren so positioniert werden, dass die externen Störungen ausgeglichen werden.“ Über 2.000 Aktoren sollen die Spiegelemente des ELT so ausrichten, dass die Spiegeloberfläche stets ihre optimale Form behält. Hierfür sind 500 Positionierbewegungen pro Sekunde notwendig.

Die Aktoren für das Positioniersystem des ELT-Hauptspiegels entwickelt die 1970 gegründete Karlsruher Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG, die mit etwa 1.300 Mitarbeitern weltweit führender Spezialist für Nanometer-Positioniertechnik ist. Michael Pangrate war im Elektronikteam von PI zuständig für die Softwareentwicklung des Interpreters, also der Kommunikations-Software, die die Signale des Hauptspiegelkontrollsystems in Anweisungen für die Ansteuerung der Aktoren übersetzt. Er beschreibt die Herausforderung so: „Bei relativ großen Stellwegen bis zu

1 cm müssen unsere Aktoren die Spiegelemente so führen, dass ihre Position um weniger als 2 nm vom Sollwert abweicht – bei beachtlichen zu bewegenden Massen.“ Zusätzlich fordert die ESO eine Lebensdauer der Aktoren von 30 Jahren und eine minimale Wärmeabgabe.

### Nanometergenaue Aktorenpositionierung

Um diese Anforderungen zu erfüllen, hat PI einen speziellen Hybridantrieb aus elektromotorischem Spindelantrieb und Piezoaktor entwickelt, der große Verfahwege mit extrem hoher Positionierungsgenauigkeit kombiniert. Die Spindel kann hohe Lasten über große Verfahwege bewegen, positioniert aber relativ ungenau. Dagegen ermöglicht der Piezoaktor, den eine elektrische Spannung dehnt oder staucht, eine hochpräzise Positionierung über kurze Verfahwege.

Beide Antriebe werden gekoppelt, indem ein hochauflösender Sensor die Ungenauigkeiten der Motorspindel mit einer Auflösung von 0,1 nm misst. Aus diesen Daten werden Steuersignale abgeleitet, mit denen der Piezoaktor den Spindelantrieb korrigiert. Eine überdurchschnittliche Lebensdauer und hohe Zuverlässigkeit auch unter widrigen Umweltbedingungen werden durch ein speziell entwickeltes Aktorendesign erreicht: Dünne piezoelektrische Keramikfolien sind zu einem Multilayer verbunden, den eine keramische Isolierschicht umhüllt. Zusätzlich ist der Aktorblock in einer stickstoffgefüllten Metallkapsel untergebracht. Jeweils drei Hybridantriebe positionieren ein Spiegelsegment in den drei Raumrichtungen. Ein gemeinsamer Hauptcontroller erzeugt die individuellen Fahrbefehle für jeden der drei Aktoren. Michael Pangrate weist auf eine Besonderheit des Controllerkonzepts hin: „Aufgabe war es, die Übertragungsprotokolle und Steuerungssoftware



so zu entwickeln, dass die Schnittstelle zwischen den ELT-Korrektursignalen und den PI-Hybridantrieben eine hohe Flexibilität aufweist. Nachträgliche Anpassungen, die etwa durch veränderte Spezifizierungen oder technische Weiterentwicklungen am ELT nötig werden, lassen sich dadurch sehr einfach implementieren.“

Genau hier war Pangrate in seinem Element, weil er seine langjährigen Erfahrungen bei der Entwicklung von Software für Embedded Systems ins ESO-PI-Projekt einbringen konnte. „Nur dadurch, dass Hardware und Software direkt in die ELT-Technik eingebettet sind, können wir die extremen Anforderungen der ESO erfüllen“, betont der Brunel Mitarbeiter. Und die haben es in sich: Alle 2 ms werden 2.394 PI-Aktoren die ELT-Spiegeloberfläche über Jahre hinweg in Echtzeit nanometergenau positionieren und so dazu beitragen, dass das größte Auge der Welt unser Wissen über das Universum weiter verfeinern kann.



## 01

Jeweils drei Aktoren verbinden ein sechseckiges Spiegelsegment präzise mit der Trägerkonstruktion des Teleskops. Zudem kontrollieren die Aktoren durch Hub und Verkipfung in zwei Achsen aktiv die Segmentposition in allen drei Richtungen.

## 02

Eine kontinuierliche Abstimmung im Projektteam stellt sicher, dass die Steuerungssoftware für die Positionsaktoren die extremen Anforderungen des ELT-Projekts erfüllt.

# Investition in die Zukunft

Wissenschaft ist faszinierend – doch sie ist auch teuer. Insbesondere die Weltraum- und Physikforschung ist mit enorm hohen Kosten verbunden. Doch die klugen Köpfe dahinter erhoffen sich, aus ihr einen nicht mit Geld aufzuwiegenden Nutzen für die Menschheit ziehen zu können. Wir stellen die fünf aufwendigsten und kostspieligsten Projekte der Welt in einem Ranking vor.

**Text** › Elisabeth Stockinger

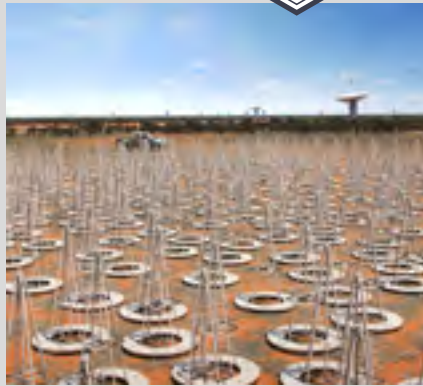
**Kosten:**  
1,5 Mrd. €



## Umfangreiche Erkenntnisse

Der Teilchenbeschleuniger FAIR (Facility for Antiproton and Ion Research), der zurzeit in Darmstadt gebaut wird, soll neue Erkenntnisse über den Aufbau der Materie und die Entwicklung des Universums seit dem Urknall liefern. Herzstück der Anlage, die alle Elemente von Wasserstoff bis Uran beschleunigen kann, ist ein Doppelringbeschleuniger mit einem Umfang von 1,1 km. Laut Zeitplan sollen 2022 etwa 80% der Experimente laufen, spätestens 2025 geht die Forschungseinrichtung mit insgesamt 20 Gebäuden in den Vollbetrieb.

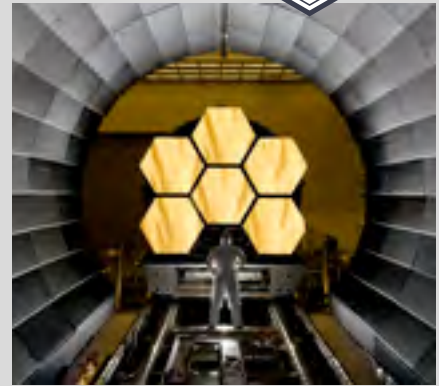
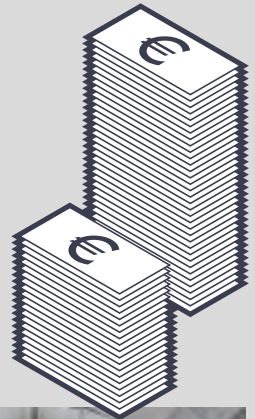
**Kosten:**  
1,5 Mrd. €



## Unglaubliche Datenmengen

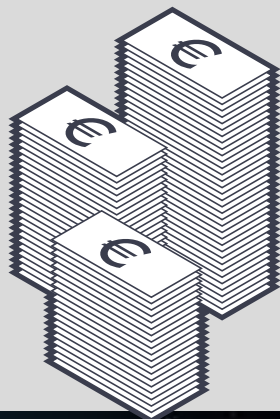
Das gigantische Radioteleskop Square Kilometre Array (SKA) soll aus unzähligen Radioantennen bestehen, die das All tausendmal schneller als bisher absuchen und extrem hochauflösende Weltraumbilder liefern. Die geplanten SKA-Zentren in Australien, Neuseeland und Südafrika verarbeiten und kombinieren die eingehenden Signale aufgrund riesiger Datenmengen mit einem Supercomputer. Forscher hoffen somit Antworten auf fundamentale Fragen zum Ursprung des Universums zu finden. Die Realisierung wird allerdings noch einige Jahre dauern.

**Kosten:**  
8,26 Mrd. €



## Unfassbare Weiten

Im Gegensatz zu seinem Vorgänger, dem Hubble-Teleskop, nimmt das James Webb Space Telescope (JWST) Bilder im nahen Infrarot auf und kann wesentlich tiefer ins All sowie durch Staubwolken sehen. Zu den Hauptaufgaben des JWST zählen die Suche nach Licht von den ersten Sternen sowie die Erforschung der Struktur und Entwicklung von Galaxien. Das Weltraumteleskop ist ein Gemeinschaftsprojekt von NASA, ESA und CSA. Geplant ist die Stationierung für 2021, etwa 1,5 Mio. km von der Erde entfernt am Lagrange-Punkt L2 des Erde-Sonne-Systems.

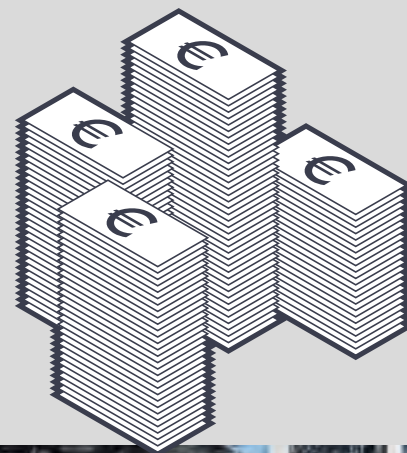


**Kosten:**  
12 Mrd. €



### Unvergleichliche Genauigkeit

Beim globalen Navigationssystem Galileo handelt es sich um ein von der EU finanziertes Projekt, das weltweit Daten zur Positionsbestimmung liefert. Im Gegensatz zum militärisch kontrollierten GPS befindet sich Galileo in ziviler Hand und soll seinen Nutzern dank hoch exakter Atomuhren eine bisher unerreichte Messgenauigkeit von 1 m und darunter ermöglichen – für spezielle Bedarfe wie das autonome Fahren, die Logistik oder die Landwirtschaft sogar bis auf 20 cm genau. Seit Sommer 2018 befinden sich bereits 26 Satelliten im Orbit, weitere 4 werden Ende 2020 mit einer Trägerrakete ins All gebracht. Mit dem Launch dieser letzten Satelliten wäre das Navigationssystem komplett und bereit für den offiziellen Einsatz. Dann umkreisen sie die Erde in einer Höhe von etwa 23.000 km. Für eine Erdumrundung benötigen die Satelliten rund 14 Stunden.



**Kosten:**  
20 Mrd. €



### Unerschöpfliche Energiequelle

Der Kernfusionsreaktor International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER) ist ein Gemeinschaftsprojekt zur klimafreundlichen Energieerzeugung von 35 Staaten, das sich seit 2007 in Südfrankreich im Bau befindet. Im Gegensatz zu einem Atomkraftwerk arbeitet er mit Kernfusion, nicht mit Kernspaltung: Ein Gemisch aus den Wasserstoffisotopen Deuterium und Tritium wird hierbei auf etwa 150 Mio. °C erhitzt. Das heiße Plasma wird dabei von einem Magnetfeld eingeschlossen, die Wasserstoffisotope fusionieren und setzen dabei enorm viel Energie frei. Die Vorteile: Die verwendeten Brennstoffe Deuterium und Tritium sind nahezu unbegrenzt auf der Erde vorhanden, das Risiko einer Kernschmelze entfällt. Zudem entstehen keine radioaktiven Abfälle, die endgelagert werden müssten. ITER könnte 2025 erstmals Wasserstoffplasma erzeugen.

25

Vor 25 Jahren, als 13-jährige Schülerin, konnte ich mir nicht vorstellen, in einer so internationalen Branche wie der Öl- und Gasindustrie zu arbeiten. Nun tue ich es und bin gespannt auf neue, umweltfreundliche und effiziente Technologien zur Energiegewinnung.

# Brunel Russland: Internationales Recruiting für Großprojekte

Text › Stine Behrens

**G**egründet 2005, unterstützt Brunel Russland aus seinen vier Niederlassungen in Moskau, Novorossiysk, Swobodny und Yuzhno-Sakhalinsk heraus Unternehmen der Branchen Öl und Gas, Automotive, Infrastruktur sowie Bergbau. „Wir decken etwa Recruiting-Tätigkeiten, Personalienstleistungen, Vertragsverhandlungen oder die Abwicklung von HR-Aufgaben ab – sowohl für global agierende Konzerne als auch für Hidden Champions“, erläutert Vera Piotrovskaya, Business Managerin bei Brunel Russland. Mit rund 670 Mitarbeitern ist Brunel in Russland der aktuell führende Ingenieurdienstleister des Landes. Eine Entwicklung, die sich fortsetzen wird: „Russlands Energiemarkt entwickelt sich schnell und es werden stets neue Öl- und Gas- sowie Bergbau-Projekte angekündigt“, sagt Vera Piotrovskaya.

Aktuelles Großprojekt für das Brunel Team in Russland ist die Erschließung des in der russischen Arktis gelegenen

Utrenneye-Felds und der Bau einer Erdgasverflüssigungsanlage Arctic LNG 2. Um dieses Mammutprojekt mit Experten aus dem Engineering, Projektmanagement, Konstruktion und Inbetriebnahme unterstützen zu können, arbeitet ein über 80 Mann starkes Team rund um den Globus zusammen. Denn parallel zur Erschließung des Gasfelds in Russland werden Teile der LNG-Anlage mithilfe internationaler Experten in unterschiedlichen Ländern gefertigt und im Herbst 2020 in den Norden Russlands transportiert. „Unsere größte Herausforderung ist die Koordination länderspezifischer Vorgaben wie Einreise- und Arbeitserlaubnisbestimmungen und die Berücksichtigung unterschiedlicher Steuersysteme“, erläutert Vera Piotrovskaya. „Auch über die Ländergrenzen hinweg arbeiten wir sehr eng zusammen, finden rechtlich konforme Lösungen und passen Maßnahmen schnell entsprechend den Bedingungen in den beteiligten Ländern an.“



## Porträt Vera Piotrovskaya

Seit 2014 bei Brunel Russland tätig, ist Vera Piotrovskaya „fasziniert von komplexen internationalen Projekten, insbesondere von umfassenden und wichtigen Projekten zur Energiegewinnung“. Die 38-Jährige absolvierte nach ihrem Bachelor in Angewandten Sprachwissenschaften kürzlich noch den Master of Executive Business Administration.

## Arctic LNG 2

Die Gesamtinvestitionsausgaben für Arctic LNG 2 liegen bei über **21 Mrd. US-\$**.

Arctic LNG 2 soll ab 2023 rund **19,8 Mio. t** LNG pro Jahr produzieren, das weltweit verschifft wird.

Im Utrenneye-Feld wird ein Vorkommen von fast **2.000 Mrd. m<sup>3</sup>** Erdgas vermutet.



25

Vor 25 Jahren wurde der Nachhaltigkeit weniger Bedeutung beigemessen als heute. Spätestens seitdem bekannt ist, welchen Schaden etwa Plastikmüll der Umwelt zufügt, hat ein Umdenken stattgefunden. Gleiches wollen wir für den Umgang mit Menschen mit Autismus auf dem Arbeitsmarkt erreichen.





# Künstliche Eisberge für die Arktis

Die Erwärmung der Ozeane gehört zu den bedrohlichsten Folgen des Klimawandels. Da steigende Meerestemperaturen sowohl zu Tiersterben wie auch zu Wetterextremen führen können, hat ein indonesischer Architekt einen kreativen Vorschlag zur vermeintlichen Lösung des Problems entwickelt: Faris Rajak Kotahatuhaha möchte die brüchige Eisdecke in der Arktis wieder schließen, indem er Meerwasser einfriert.

**Text** › Anne-Katrin Wehrmann

**U**-Boote tauchen durch die Arktis, nehmen über Luken Meerwasser auf und lassen es anschließend zu 5 m hohen und 25 m breiten Eisschollen gefrieren: Aus dieser ausgefallenen Idee könnte in einigen Jahren Wirklichkeit werden, wenn es nach Faris Rajak Kotahatuhaha geht. „Probleme, die sich mit konventionellen Mitteln nicht lösen lassen, brauchen andere und manchmal auch radikale Lösungsansätze“, meint der 30-Jährige. „Wer seinen Gedanken zu enge Grenzen setzt, lässt Innovationen keinen Raum.“ Eine Überzeugung, die sich auch auf seine Arbeit auswirkt: Kotahatuhaha hat sich angewöhnt, vermeintliche Beschränkungen zunächst zu ignorieren und seinen Ideen freien Lauf zu lassen – um dann später zu überprüfen, ob sie sich technisch überhaupt umsetzen lassen. So ist auch das Designprojekt zur Arktis entstanden, das er mit zwei befreundeten Architekten entwickelt hat und für das er 2019 mit dem 2. Preis beim internationalen Designwettbewerb

der Association of Siamese Architects ausgezeichnet wurde. Ursprung dieses Weges war ein simpler Geistesblitz: „Als ich vor einiger Zeit eine Visualisierung von Eisschollen gesehen habe, habe ich mich gefragt: Wenn die Pole schmelzen, warum frieren wir sie dann nicht einfach wieder ein?“ Sein Grundprinzip sähe folgendermaßen aus: Nachdem U-Boote unter Wasser Meerwasser aufgenommen haben, soll dieses mittels Umkehrosmose entsalzt und in einem sechseckigen Behälter gefroren werden. Zwar seien die Temperaturen in der Arktis derzeit noch niedrig genug, um aus Süßwasser Eis zu machen, um den Prozess aber zu beschleunigen, schlägt Kotahatuhaha ein elektrisches System zur Kühlung vor. Die dabei entstehende Wärme könnte isoliert und wieder in elektrische Energie zurückgeführt werden, um so einen Energiekreislauf zu erzeugen. Sobald die künstlich produzierten „Eisbabys“, wie er die Blöcke nennt, gefroren sind, werden sie ausgesetzt.



## Porträt

### Faris Rajak Kotahatuhaha

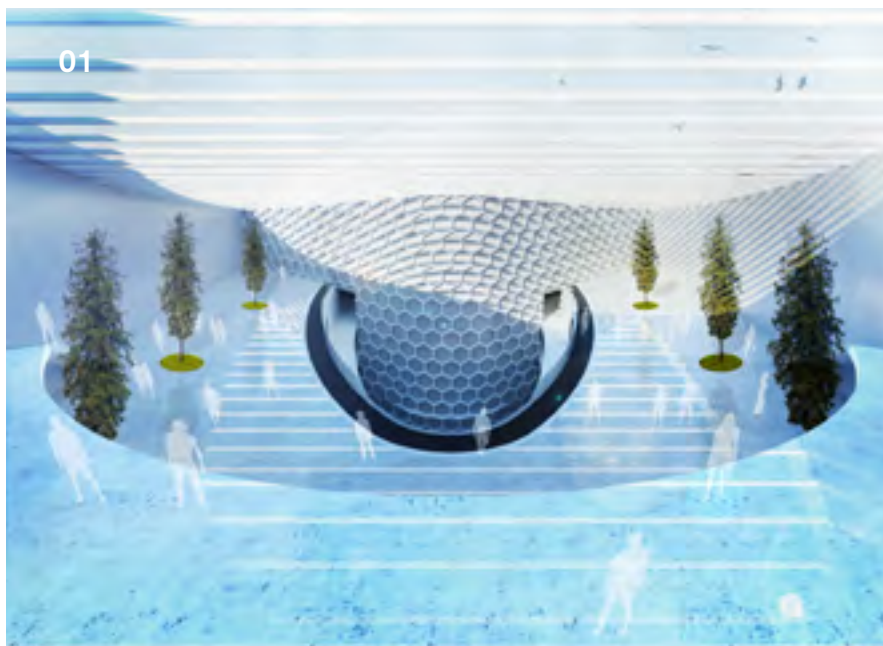
Faris Rajak Kotahatuhaha (30) schloss 2012 sein Architekturstudium an der Universitas Islam Indonesia in Yogyakarta ab und arbeitete anschließend mehrere Jahre für eines der führenden Architekturbüros Indonesiens, beteiligte sich an Stadtentwicklungsprojekten und plante verschiedene mehrgeschossige Wohn- und Geschäftsgebäude. Im Rahmen von Designwettbewerben entwarf er seit 2018 selbstständige Architekturerkenntnisse für ein von Menschen bewohnbares Habitat in der Sahara und ein ästhetisch anspruchsvolles Wellenkraftwerk vor der Küste von Santa Monica.

## 01

Das Konzept des Architekten geht gedanklich bereits über die reine Eisschollen-Produktion hinaus: In den U-Booten könnte etwa ein Unterwasser-Hotel integriert sein, das zur Finanzierung des Vorhabens beiträgt.

## 02

Die potenziell überschwemmten Gebiete nach dem Abschmelzen der Polkappen in einer Animation von Faris Kotahatuhaha. Die Sorge vor diesem Zustand brachte ihn auf die Idee der künstlichen Eisberge.



Dabei soll ihre sechseckige Anordnung dafür sorgen, dass sie sich besser zusammenführen lassen und letztlich wieder eine geschlossene Eisdecke bilden. Der kreative Architekt, der betont, dass seine Idee noch nicht wissenschaftlich zu Ende gedacht ist, möchte mit dieser Methode nicht nur dem Anstieg des Meeresspiegels entgegenwirken. „Uns geht es insgesamt darum, das polare Ökosystem wiederherzustellen, das unmittelbare Auswirkungen auf das Gleichgewicht des globalen Klimas hat“, erläutert er. „Denn je mehr Oberfläche in den Polarregionen mit weißem Eis bedeckt ist, umso mehr Sonnenlicht wird reflektiert und umso geringer ist die Absorption der einfallenden Sonnenenergie.“

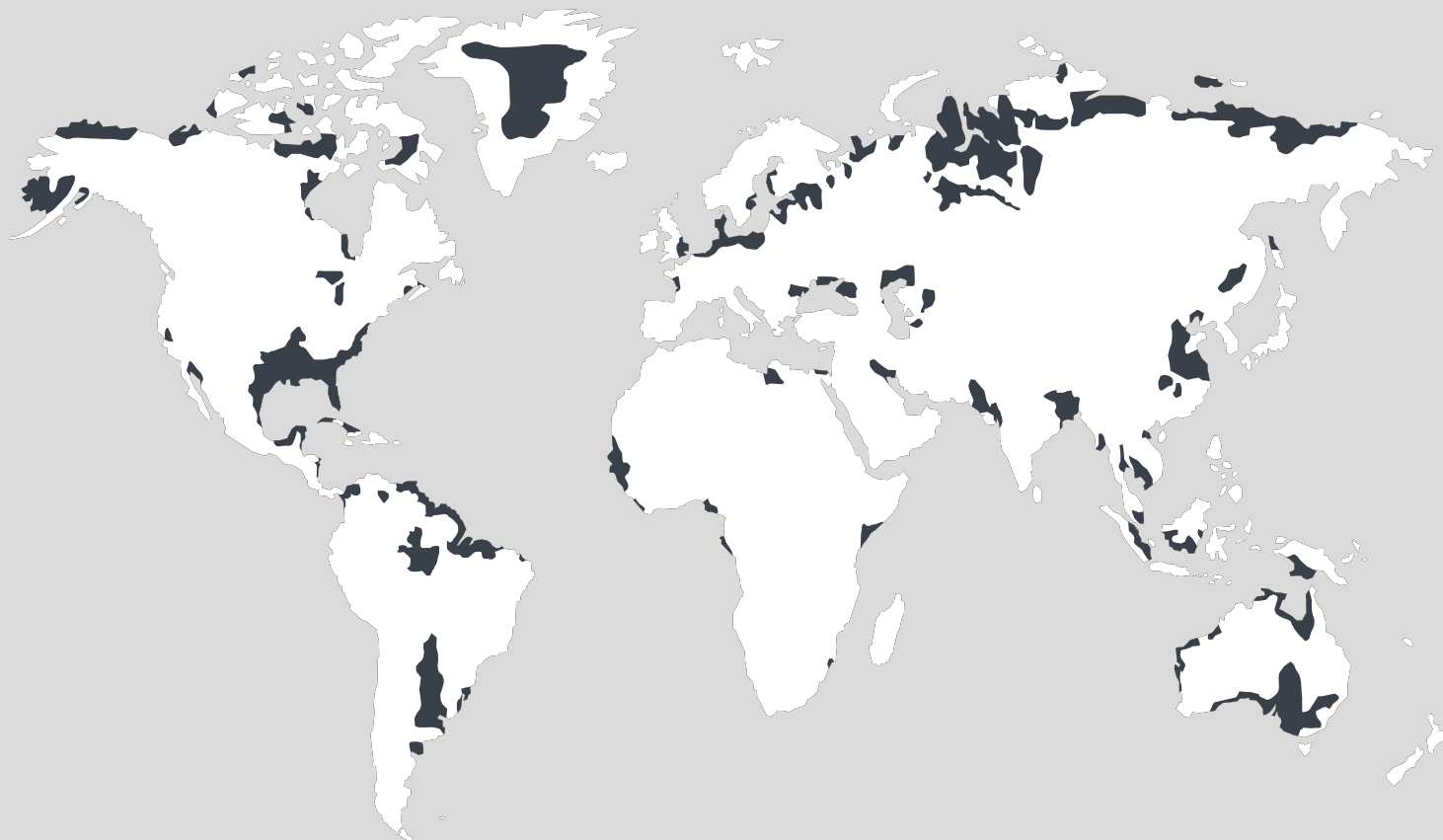
Die Resonanz auf das außergewöhnliche Designprojekt ist groß: Ersten Berichten in der Fachpresse folgten längere Artikel in internationalen Publikumsmedien, auch Ingenieure und Physiker haben sich inzwischen bei Kotahatuhaha und seinem Team gemeldet. Mit unterstützenden Botschaften angesichts des innovativen Vorschlags, aber auch mit technischer Kritik – unter anderem bezüglich der benötigten Energie und der Verwendung der produzierten Wärme.

Auch in seinem privaten Umfeld seien die Reaktionen durchaus gemischt gewesen, berichtet der 30-Jährige. „Manche haben die Stirn gerunzelt, andere waren zuerst überrascht und haben dann gesagt, dass die Idee großartig sei.“ Was er immer wieder höre, sei die Frage nach dem „Wie“ der konkreten Umsetzung. Er wisse, dass die Antwort darauf eine große Herausforderung sei und eine gezielte Machbarkeitsanalyse voraussetze. „Unser Design ist nur der erste Schritt. Aber wenn wir Dinge von vorneherein für unmöglich halten, werden wir nichts bewegen.“

## Problem an der Wurzel packen

Das Besondere an dem Projekt ist aus seiner Sicht, dass eines der großen Probleme der Gegenwart – der Klimawandel und die damit einhergehenden Schwierigkeiten für die Weltmeere – mit der von ihm vorgeschlagenen Methode direkt an der Wurzel gepackt werden. Das wäre ganz in seinem Sinn, denn Umweltfragen liegen ihm ganz besonders am Herzen – was unter





### Potenziell überschwemmte Gebiete

anderem in seiner vom Meer umgebenen Heimat begründet liegt. Aufgewachsen auf der Insel Ambon, einem nach seinen Worten „unentdeckten Paradies“ in den Molukken, erkannte er früh, wie schön die Natur ist und dass es für deren Erhalt nachhaltiges Handeln braucht. Denn die Folgen des Klimawandels wären hier noch direkter zu spüren als anderswo. In seiner Kindheit zeigten ihm seine Eltern die umliegenden Strände und brachten ihm den Wassersport nahe, zu Hause baute er mit Legosteinen Häuser und Häfen. „Das hat mich dazu inspiriert, Architekt werden zu wollen. Und zwar einer, der nicht nur Hochhäuser baut, sondern auch Innovationen für die Natur und insbesondere das Meer entwickelt.“

Seine Freunde würden ihn vermutlich als Idealisten bezeichnen, meint Faris Rajak Kotahatuhaha. Er selbst sieht sich jedoch gleichermaßen auch als Realist. „Ich setze in meinem Berufsalltag ja auch ganz normale Projekte um“, erläutert er. Tatsächlich gebe es aber gerade für Architekten viele Wettbewerbe, bei denen utopische und irrationale Designs gefragt seien. Für ihn gute Gelegenheiten, frei zu denken. „Und wer weiß, vielleicht werden manche dieser Visionen ja eines Tages zu realistischen Projekten.“ Das wünscht er sich auch für seine Arktis-Idee. Bis es so weit ist, sind allerdings noch viele Fragen zu beantworten. Wie viele U-Boote wären erforderlich, um überhaupt einen Effekt zu erzielen? Mit welcher

Energiequelle ließen sie sich emissionsfrei betreiben? Welche technischen und logistischen Herausforderungen müssten gelöst werden? Und wie teuer wäre das Ganze? „Zu diesen Fragen müssen wir jetzt weiter forschen, und dafür braucht es die Zusammenarbeit von Fachleuten aus unterschiedlichen Gebieten.“ Aktuell bemüht sich der Querdenker um Geldmittel zur Finanzierung dieser Forschung. „Und wenn am Ende dabei herauskommt, dass eine Umsetzung des Projekts nicht machbar ist, können wir die Idee immer noch für die Zukunft aufbewahren. Manchmal sind Dinge nur deswegen unmöglich, weil die Technologie noch nicht reif dafür ist – und das kann sich ja schließlich ändern.“

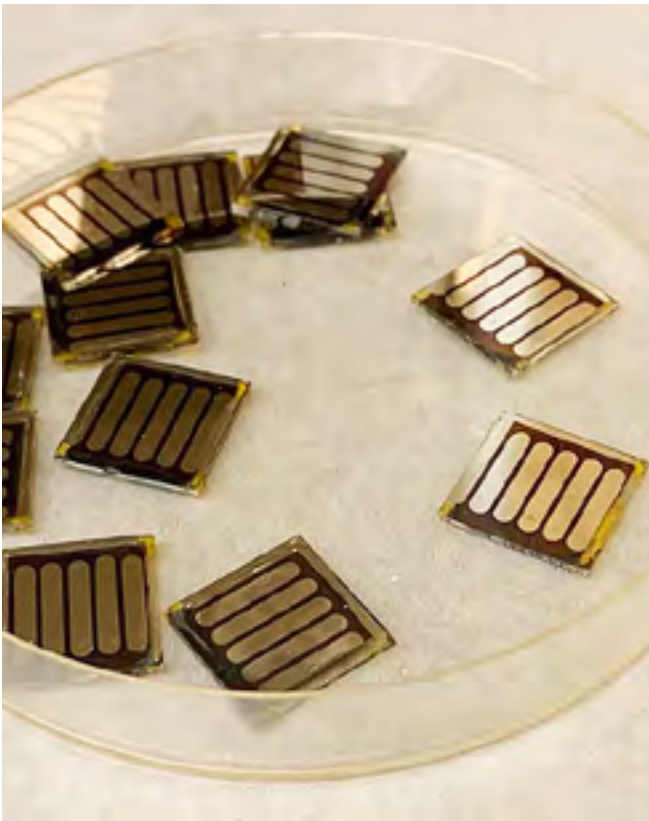


# Die Stadt der Zukunft

**Texte** › Bastian Korte

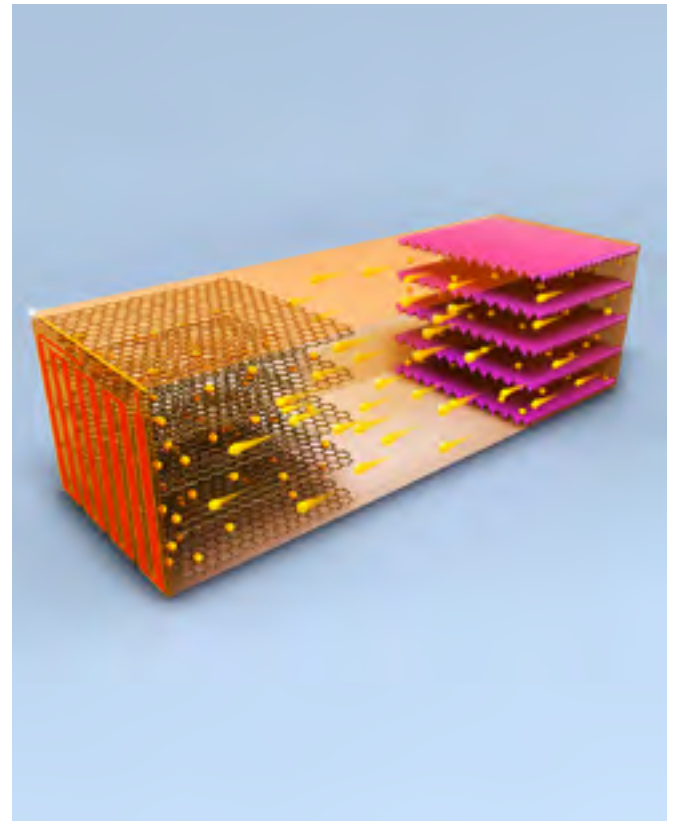
Etwa 70 % des weltweiten Energieverbrauchs und rund 75 % der Emissionen sind auf urbane Ballungsräume zurückzuführen. Mit moderner Technologie vernetzte, umweltfreundlichere Metropolen, sogenannte Smart Cities, sind daher ein Schlüssel in der Klimadebatte. Ein seit 2003 am Reißbrett erschaffenes Vorzeigeprojekt ist Songdo City. Das neue Quartier nur 50 km westlich der südkoreanischen Hauptstadt Seoul verspricht eine ressourcenschonende und sichere Infrastruktur, die für ihre Bewohner mitdenkt. Hier wird nicht nur Abwasser aufbereitet, Regenwasser gespeichert und auf den Dächern der in nachhaltiger Bauweise errichteten Wolkenkratzer Solarenergie gewonnen. Auch wird der Müll abgesaugt und über ein Rohrleitungssystem in eine Recyclinganlage transportiert,

Sensoren im Straßenbelag messen den Verkehrsfluss, um so die Ampeln zu koordinieren. Darüber hinaus scannen Wärmebildkameras die Gebäude jederzeit zur Feuerprävention und Straßenlaternen spenden nur dann Licht, wenn sich wirklich eine Person nähert. Dieses Ineinandergreifen von Hightech-Systemen erzeugt riesige Datenmengen, nicht zuletzt auch durch etwa 1.000 Kameras im Stadtgebiet. Diese werden in einer Einsatzzentrale ausgewertet, um anhand der Gewohnheits- und Aktivitätsmuster ein Drittel an Energie und Ressourcen im Vergleich zu einer herkömmlichen Großstadt einzusparen. Einige Experten kritisieren Smart Cities allerdings aufgrund des mangelnden Datenschutzes.



## Koffeinschub für bessere Solarzellen

Beim morgendlichen Kaffee scherzten Rui Wang und seine Kollegen von der University of California in Los Angeles: Ob der tägliche Wachmacher nicht auch den Solarzellen guttun würde, an denen sie forschen? Diese seien zwar bei vergleichbaren Wirkungsgraden wie übliche Silizium-Zellen einfacher und kostengünstiger herstellbar, sie sind aber äußerst anfällig gegenüber Feuchtigkeit und Hitze, zersetzen sich teils schon bei Raumtemperatur. Ein Manko, das den Durchbruch der Zellen auf Basis einer Kristallstruktur ähnlich dem Mineral Perowskit bisher verhindert. Umso überraschter war das Team, als durch testweise Zugabe von 1 bis 2% Koffein bei der Herstellung der Perowskit-Schicht tatsächlich positive Auswirkungen festzustellen waren. Die Strukturen waren größer und geordneter, die Solarzellen stabiler und leistungsfähiger. Während sie ohne den Koffeinzusatz nach 175 Stunden einen Leistungsabfall auf 60% verzeichneten, hielten sie nun Temperaturen bis 85°C stand und erreichten nach 1.300 Stunden noch 86% ihres ursprünglichen Wirkungsgrads. Weitere Forschungen werden zeigen, wie rasch die Perowskit-Solarzelle als kosteneffiziente Variante zum Einsatz auf privaten Dächern bereit ist.



## Schneller Strom „tanken“

Mangelnde Reichweite und lange Ladezeiten bremsen derzeit noch die Elektromobilität. Doch US-Forscher der Pennsylvania State University könnten hier nun mittels einer hauchdünnen Nickelfolie – nur so schwer wie ein Cent-Stück – Starthilfe geben. Denn während gängige Lithium-Ionen-Zellen bei rascher Ladung das Risiko bergen, dass die Ladungsträger auf der Oberfläche der Elektrode haften bleiben und dort eine leistungshemmende metallische Schicht bilden, bedienen sich die Wissenschaftler einer Art eingebauten „Heizung“: Vor dem Ladevorgang erhält die Nickelfolie einen kurzen Stromimpuls, der die Temperatur im Inneren auf bis zu 60°C erhöht. Die Wärme verhindert die unerwünschte Lithium-Schicht und ermöglicht eine schnelle und hohe Energiezufuhr – die Akkus lassen sich innerhalb von zehn Minuten zu 80% aufladen. Auch nach 2.500 Ladezyklen haben sie Messungen zufolge noch mehr als 90% ihrer ursprünglichen Kapazität. Bislang wurde die Hochenergie-Batterie nur unter Idealbedingungen in der Universität getestet. Perspektivisch könnte mit ihr die Stromtankstelle beim Faktor Zeit auch gegenüber der Benzinzapfsäule konkurrenzfähig werden.



# Ein Leben unter Wasser

Er hat am tiefsten Tunnel der Welt in Istanbul mitgebaut, war vor Südamerika an den Booster-Bergungen der Ariane-V-Weltraummissionen beteiligt (siehe Foto), hat 100 Jahre alten Champagner aus einem Schiffswrack gezogen und ist neben hoch radioaktiven Brennelementen ins Wasser gestiegen: Claus Mayer ist Berufstaucher. Seine Maxime: Risiken (er-)kennen und auf die eigenen Fähigkeiten vertrauen.

**Text** › Elisabeth Stockinger

**B**is zu 60 m unter dem Meeresspiegel, 44 Tage am Stück, vier Mann in einer 8 m langen Wohnkammer mit gerade einmal 2 m Durchmesser: Wer hier die Nerven verliert, für den gibt es keinen direkten und schnellen Ausweg. „Allein die Dekompression aus dieser Wassertiefe dauert Tage“, erzählt Claus Mayer. Die Schweißarbeiten am niederländischen Westerschelde-Tunnel, die 1999 begannen und unter diesen Extrembedingungen stattfanden, hat er noch in reger Erinnerung. Nicht jeder Mensch sei psychisch und physisch hierzu in der Lage. Deshalb muss jeder potenzielle Mitarbeiter seiner Firma ein knallhartes Testprogramm absolvieren, vergleichbar mit dem eines Astronauten. Ablehnungsquote: 80 %. Dabei packte Claus Mayer das Tauchen auch erst während seines Zivildienstes auf der Insel Helgoland. Während er auf der Intensivstation des örtlichen Krankenhauses tätig war und den Krankenwagen fuhr, absolvierte

er nebenbei Tauchlehrgänge. Anschließend wechselte er zum Tauchbetrieb Helgoland, machte dort seine Ausbildung zum Berufstaucher und arbeitete intensiv an der Instandhaltung der Forschungsplattform Nordsee nordwestlich der Insel. „In dieser Zeit habe ich die Nordsee lieben gelernt“, erzählt der 69-Jährige. Als sich in ihm der Wunsch regte, sich selbstständig zu machen, war dies 1989 die Geburtsstunde der Nordseetaucher GmbH.

Als Meilenstein der Unternehmensgeschichte bezeichnet Mayer das erstmals 1991 durchgeführte Nukleartauchen. Im Kernkraftwerk Brokdorf fielen Wartungsarbeiten im Lagerbecken an. „Jeder hat zu mir gesagt, dass ich nicht alle Tassen im Schrank hätte.“ Doch Mayer ging analytisch und rational an die Aufgabe heran. „Uns war klar, dass wir einen Mindestabstand von 1,38 m zu den Brennelementen einhalten müssen.“ Deshalb befestigte er Sensoren an

seinem Körper, die die Radioaktivität messen sollten und stieg in das Lagerbecken. Mit Erfolg: „Wir konnten keinerlei Strahlung feststellen. Es hat auf Anhieb funktioniert!“ Die Zusammenführung der Europipe I und II vor der deutschen Küste sowie der Bau der vierten Hamburger Elbtunnelröhre in den 1990er-Jahren bezeichnet Claus Mayer als weitere Höhepunkte. Starke Strömungen sowie die sehr schlechte Sicht in 23 m Tiefe ließen die Pipeline-Arbeiten zu einer extremen Herausforderung werden. Das Besondere am Bau des Elbtunnels war die Wassertiefe: Erstmals arbeiteten er und seine Angestellten in 4,5 bar Überdruck und in einer Wassertiefe von 42 m. Ein „normaler“ Mensch darf aus gesundheitlichen Gründen maximal 3,6 bar ausgesetzt sein, was einer Tiefe von 36 m entspricht. Etwa 150 Spezialeinsätze hat Mayer mit seinem Team aus 10 festen Mitarbeitern und je nach Projekt bis zu 60 Freelancern in seiner



## Porträt Claus Mayer

Den gebürtigen Essener Claus Mayer (69) haben die Einsätze während seiner mehr als 40-jährigen Laufbahn rund um den Globus geführt, sogar in die Arktis und Antarktis. Er ist der einzige Berufstaucher weltweit, der eine Lizenz zum Nukleartauchen besitzt.

beruflichen Laufbahn umgesetzt. Knapp 12.000 Arbeitsstunden hat er in Überdruck zugebracht, umgerechnet 500 Tage seines Lebens. Wirklich gefährliche oder gar lebensbedrohende Situationen hat es dabei nie gegeben. Das Schlimmste, erzählt Mayer, seien einige gebrochene Knochen und eine Meniskusverletzung, die er sich nicht bei Arbeiten unter Überdruckbedingungen zugezogen hat. Diese gute Quote habe mit seinen hohen Sicherheitsanforderungen zu tun. „Wenn ich ein Projekt annehme, dann bestimme ich die Regeln. Ich muss im Vorfeld nur wissen, wann, wie und weshalb.“ Eine Voraussetzung ist etwa, dass im Falle einer Verletzung ein Arzt innerhalb von 30 Minuten am Unfallort sein muss. Das Hauptproblem bei der Arbeit des Berufstauchers seien allerdings nicht die Gefahren für den Körper, sondern für die Psyche: „Ängstliche Menschen sind da unten zu keiner Handlung mehr fähig.“ Natürlich

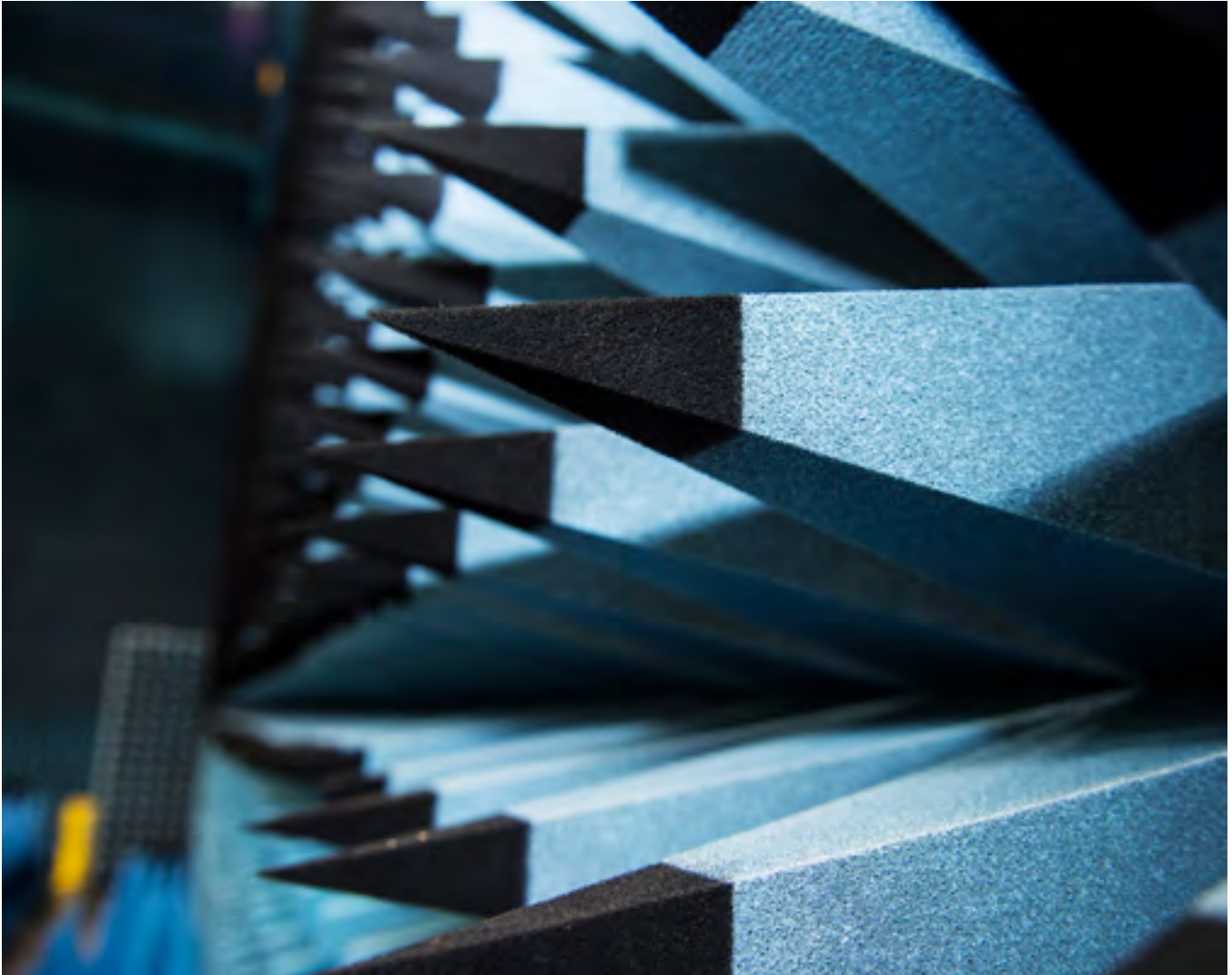
spielen aber auch eine ausgewogene Ernährung und grundsätzliche Fitness eine Rolle. Ebenso der Gang zum Arzt – auch wenn er heute nicht mehr so viel wie noch vor zehn Jahren taucht. Als Geschäftsführer organisiert und koordiniert er die Einsätze rund um die Welt. Seine Ehefrau Karin Reuter-Mayer, die Claus Mayer in jungen Jahren auf der Forschungsplattform Nordsee kennenlernte, weil sie dort als Diplom-Bauingenieurin tätig war, gründete das Unternehmen einst mit. Die gemeinsame Tochter Jennifer trat Anfang 2016 in ihre Fußstapfen und arbeitet in der Geschäftsleitung des Familienunternehmens. „Beide kennen die Gefahren, die der Job mit sich bringt, wissen aber, welche Vorkehrungen ich vor jedem Einsatz treffe.“ Sicherheit ist und bleibt stets die oberste Maxime. Dann sei es „egal, ob wir in der Nordsee, im Roten Meer oder im Atlantik tauchen. Alles ist möglich!“

---

## Nordseetaucher GmbH

Zu den Haupteinsatzgebieten der Gesellschaft zählen Taucherarbeiten auf Bohr- und Förderplattformen in der Nord- und Ostsee, Bergungsarbeiten im In- und Ausland, Taucher- und Druckluftarbeiten im Tunnelvortrieb, die Sanierung von Talsperren und Kraftwerksanlagen sowie das Tauchen in kontaminierten Gewässern. Auf den Baustellen kommen modernste Geräte zum Einsatz, die das Team selbst mitentwickelt. Mittlerweile können die Nordseetaucher sieben angemeldete Patente vorweisen.

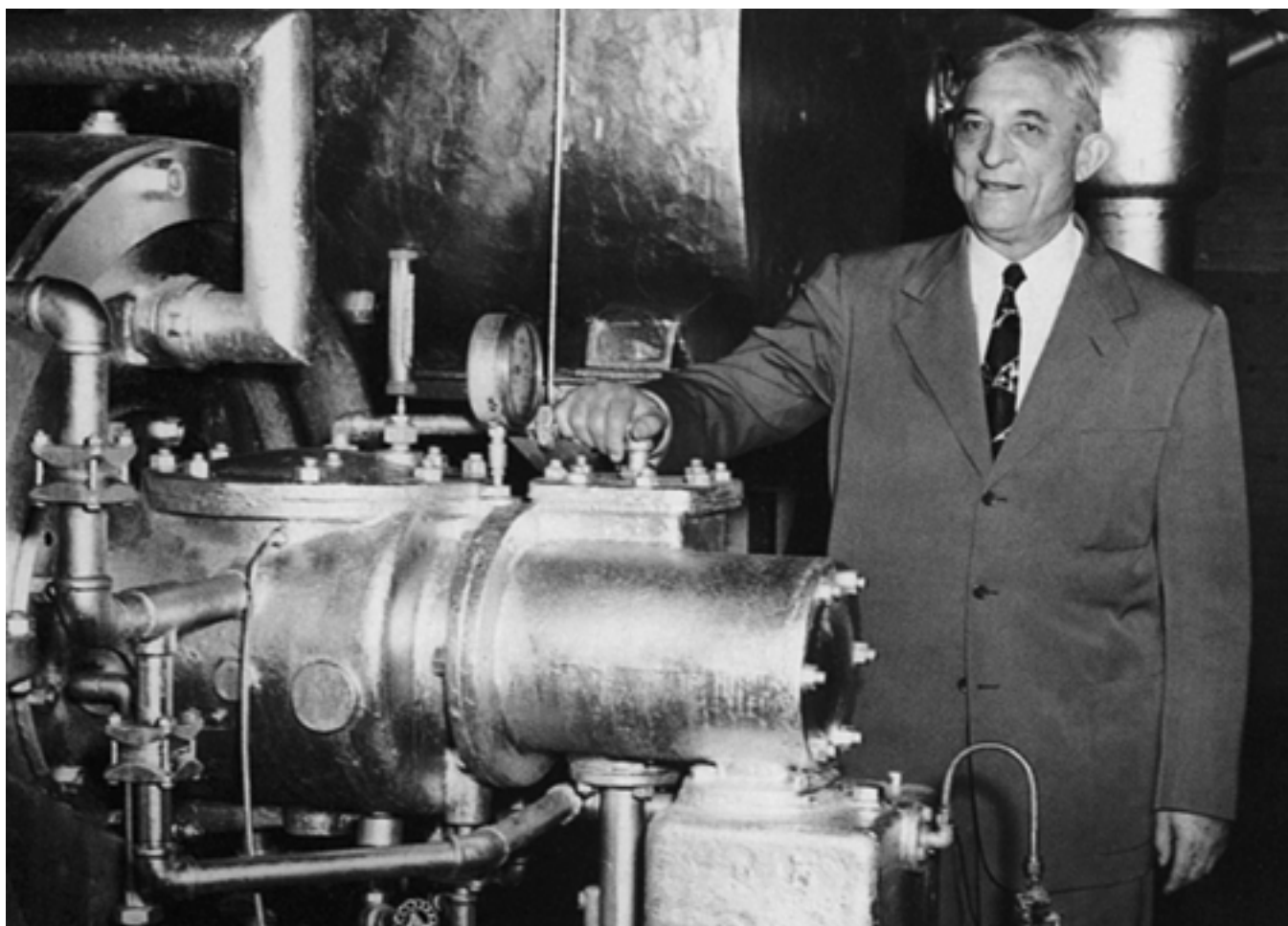
# Eine Idee, worum es hier geht?



So weit das Auge reicht, zieren kohlenstoff-imprägnierte Schaumstoffpyramiden eine mit Metallwänden abgegrenzte Halle. Einzig ein mittig platzierter Prüfstand hebt sich etwas ab. Was wie eine Science-Fiction-Szenerie wirkt, dient in Wahrheit Antennen- und Sendeanlagentests für Satelliten. Die sogenannte Hertz-Testkammer der European Space

Agency (ESA) im niederländischen Noordwijk simuliert die grenzenlosen Bedingungen des Weltalls, indem die zahllosen Pyramiden jegliches Echo von Schall- oder Radiowellen verschlucken. Diese Absorption der Funksignale ermöglicht Messungen im Rahmen von Hochfrequenztests ohne verzerrende Reflexionen an den Kammerwänden. Letztere blockieren

zudem alle externen Störfaktoren wie TV- und Hörfunksignale oder die Strahlung von Mobiltelefonen. So können die ESA-Experten die Antennen und Sender von Satelliten intensiv auf Herz und Nieren prüfen, bevor sie in Weltraummissionen zum Einsatz kommen.



## Wer hat's erfunden? Die Klimaanlage

**Text** › Bastian Korte

Ein Bahnsteig in Pittsburgh im Jahr 1902: Der US-amerikanische Industriemechaniker Willis Haviland Carrier start durch den Nebel, als ihm die Idee seines Lebens in den Sinn kommt. Der damals 26-Jährige, angestellt in einer Papierfabrik, suchte schon seit geraumer Zeit nach einer Möglichkeit, die Luftfeuchtigkeit so zu regulieren, dass die Papierproduktion nie stillstehen muss. Ihm wurde klar, dass sich Luft mit einem gewünschten Feuchtigkeitsgehalt künstlich erzeugen lässt, indem sie in Verbindung mit Wasser zu Nebel wird. Da die Luftfeuchte und ihre Temperatur

in direktem Zusammenhang stehen, erfand Carrier – quasi nebenbei – die erste moderne Klimaanlage, die er innerhalb eines Jahres fertig konstruierte.

Seinen Hang zu pragmatischen Problemlösungen führte der diplomierte Maschinenbauer einst auf einen Schlüsselmoment seiner Kindheit zurück, als ihm die Mutter anhand unterschiedlich großer Apfelscheiben die Bruchrechnung näherbrachte. Sein Erfindergeist brachte Carrier zahlreiche Auszeichnungen ein – von der Ehrendoktorwürde zweier Universitäten über die Aufnahme in die

National Inventors Hall of Fame bis zur Ernennung zu einer der 100 einflussreichsten Personen des 20. Jahrhunderts durch das TIME-Magazine. Wohlbegründeter Ruhm, denn die Klimaanlage ebnete zahlreichen Branchen den industriellen Aufstieg und erleichterte Menschen in warmen Regionen den Alltag. Noch heute zählt die 1915 gegründete Carrier Air Conditioning Company zu den größten Herstellern und vertreibt ihre Produkte über den gesamten Erdball.



Der Moment, in dem Thomas Alva Edison 1879 in seinem Laboratorium im Bundesstaat New Jersey mit dem Einschalten der ersten elektrischen Glühbirne Geschichte geschrieben haben soll – so zumindest laut einer rekonstruierten Zeichnung.



# Es wurde Licht

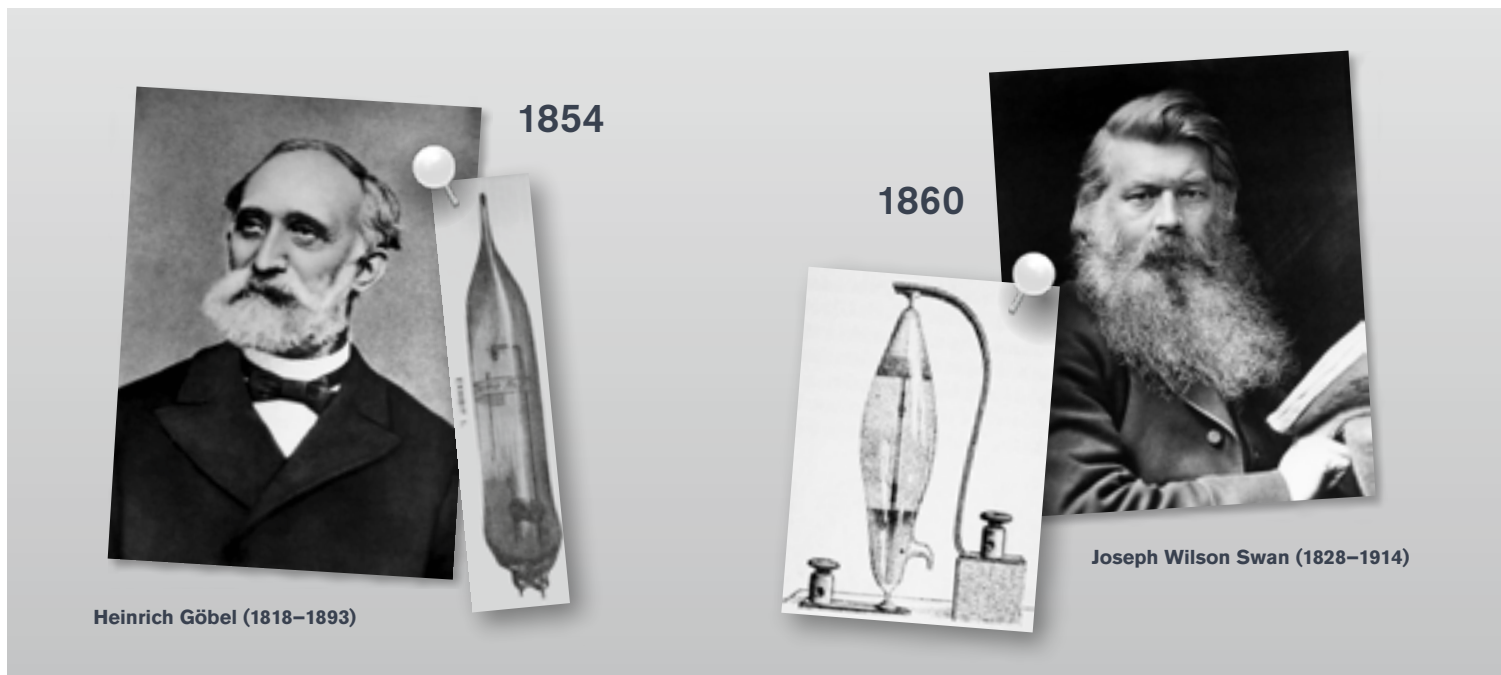
Ein Leben ohne elektrisches Licht? Heutzutage kaum noch vorstellbar. Thomas Alva Edison ist mit seiner genialen Erfindung der Glühlampe im Jahr 1879 eine Revolution der Beleuchtungstechnik gelungen. So schreiben es jedenfalls die meisten Geschichtsbücher. Doch ist Edison wirklich der wahre Urheber der Glühlampe? Oder hat der Geschäftsmann lediglich die Ideen anderer für seine Zwecke genutzt?

**Text** › Elisabeth Stockinger

Eine Glühbirne, die beinahe 45 Stunden lang brennt – eine wahre Sensation, die Thomas Alva Edison (1847–1931) der breiten Öffentlichkeit erstmals am 21. Oktober 1879 präsentierte. Ein Jahr lang hatte er an der Entwicklung gearbeitet und mit verschiedenen Materialien experimentiert, um den besten Glühfaden zu konstruieren und die Glühbirne alltagstauglich zu machen. Mit der öffentlichen Vorführung hatte Edison schließlich sein Ziel erreicht: Endlich konnte er die elektrische Lampe zum Patent anmelden, das ihm am 27. Januar 1880 ausgestellt wurde. Er, der charismatische Unternehmer

aus Ohio, galt fortan als „Vater der Glühlampe“.

„Ich bin beim elektrischen Licht auf eine Goldader gestoßen“, soll er 1878 einem Mitarbeiter berichtet haben. Seine angebliche Erfindung aber war mitnichten innovativ. Zahlreiche Quellen belegen, dass bereits Jahrzehnte vor ihm Tüftler aus aller Welt an der Konstruktion einer elektrischen Lichtquelle gearbeitet hatten. Schon 1835 hatte der Schotte James Bowman Lindsay die erste experimentelle Glühbirne präsentiert. Im Jahr 1841 erhielt der Engländer Frederick de Moleyns das vermutlich erste Patent auf



Heinrich Göbel (1818–1893)

Joseph Wilson Swan (1828–1914)

eine Glühlampe. Bei seinem Modell kamen zwei glühende Platindrähte in einer Glasglocke zum Einsatz. Der Amerikaner John Wellington Starr patentierte ebenfalls 1845 eine Glühlampe, bei der Kohlonstifte als Glühmaterial dienten. Allen Konstruktionen war jedoch eines gemein: Sie waren nicht für den Alltagsgebrauch geschaffen. Erst dem findigen Edison gelang diese Meisterleistung.

Auch der britische Physiker und Chemiker Joseph Wilson Swan (1828–1914) hatte schon vor Edison an der Konstruktion einer Glühbirne gearbeitet. Er entwickelte 1860 eine Lampe, für deren Glühfaden er verkohltes Papier verwendete. 18 Jahre später gelang ihm schließlich die Beleuchtung eines ganzen Hauses. Noch im gleichen Jahr meldete er die praktisch nutzbare Glühlampe in England zum Patent an – etwa zwei Jahre, bevor Edison eben jenes in den Vereinigten Staaten ausgestellt wurde. Wer von den beiden war nun der wahre Pionier der elektrischen Beleuchtung?

Ein Gericht sollte diese Frage klären. Swan und Edison führten einen Patentrechtsstreit, aus dem Letzterer als Sieger hervorging. Die

Begründung: Swan hatte einen niederohmigen Kohlefaden verwendet, Edison einen hochohmigen, bei dem es zu keinem Flackern und keinen Helligkeitsveränderungen brennender Glühlampen kommt. Kurioserweise einigten sich beide Erfinder rasch nach dem Prozess und gründeten im Jahr 1883 in London eine gemeinsame Firma, die Edison and Swan United Electric Light Co Ltd. Wenn er vielleicht auch keinen Weltrenn wie sein Geschäftspartner erlangte, so wurden Swan dennoch einige Ehren zuteil: König Edward VII. schlug ihn 1904 für seine Verdienste zum Ritter. Zudem ist die Swan Medal, ein Preis für Angewandte Physik, nach ihm benannt und auch so manches Geschichtsbuch betitelt ihn heute als eigentlichen Vater der Glühbirne – oder führt zumindest beide Herren gleichzeitig an.

Doch damit ist der Zwist um die Deutungshoheit zur Glühlampe noch längst nicht beigelegt. Während des laufenden Edison-Swan-Gerichtsprozesses hatte sich noch ein weiterer Erfinder eingeschaltet: Heinrich Göbel (1818–1893) aus Springe bei Hannover. Der nach New York ausgewanderte Uhrmacher habe bereits 1854 ein Modell

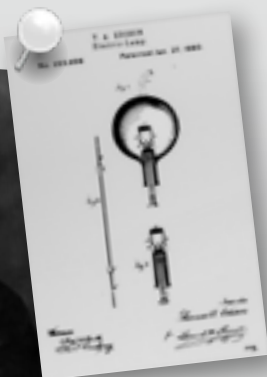
entwickelt, das mit hochohmigen Kohleglühfäden funktionierte. Sein Fehler sei lediglich gewesen, seine Erfindung nicht zum Patent angemeldet zu haben. Lange Rechtsstreitigkeiten folgten, die Prozesse fanden in den USA und in Europa große Aufmerksamkeit. Das Gericht befand seine Behauptungen jedoch für wenig glaubhaft und noch während des Verfahrens starb Göbel 1893 an einer Lungenentzündung.

## Legendenbildung und fingierte Beweise

Zunächst geriet der Uhrmacher in Vergessenheit, doch später entwickelte sich eine regelrechte Legendenbildung um seine Person. Edison-Gegner griffen die These wieder auf, ein deutscher Ingenieur fingierte weitere „Beweise“ und besonders zur Zeit des Nationalsozialismus festigte sich das Bild des genialen deutschen und verkanteten Erfinders. 2004 gab das Bundesministerium der Finanzen sogar eine Briefmarke mit dem Titel „150 Jahre elektrische Glühlampe“ heraus. Darauf abgebildet war jene



Thomas Alva Edison (1847–1931)



1880

Kölnisch-Wasser-Flasche, die Göbel für seine Konstruktion angeblich als Glaskolben verwendet hatte. Ein Jahr später landete in einer Fernsehsendung auf dem zweiten Platz der größten Erfindungen „unserer Besten“ die Glühbirne – und wurde ebenfalls Göbel zugeschrieben.

Bis heute steht die Frage im Raum, wem die Wegbereitung der Glühlampe zugesprochen werden kann. Edison, Swan, Göbel – oder gar noch einem anderen hellen Kopf? Fest steht: Thomas Alva Edison hat es wie kein anderer Tüftler geschafft, die Idee zu vermarkten. „Ich bin ein guter Schwamm, ich sauge Ideen auf und mache sie nutzbar. Die meisten meiner Ideen gehörten ursprünglich Leuten, die sich nicht die Mühe gemacht haben, sie weiterzuentwickeln.“ Mit diesen Worten soll Edison, der in seinem Leben mehr als 1.000 Patente angemeldet hat, einst seine berufliche Erfolgsgeschichte kommentiert haben. Hat er sich mit dieser Aussage womöglich selbst enttarnt? Machte er sich fremdes geistiges Eigentum zunutze? Wahrscheinlich ist, dass Edison einfach nur geschäftstüchtiger war als andere, er wusste vorhandene Konstruktionen gekonnt auszureifen.

Mit seinem Basispatent aus dem Jahr 1880 wurde Edison global bekannt. In den Folgejahren arbeitete er beständig an der Optimierung der Glühlampe und meldete etwa 30 weitere Patente rund um die elektrische Lichtquelle an – unter anderem die bis heute auch in den modernen LED-Lampen verwendete Schraubfassung. Schon bald stellte seine Firma Glühbirnen in Serienproduktion her, die bis zu 1.000 Stunden am Stück brannten. Doch Edisons Vision ging noch viel weiter: Er strebte die Elektrifizierung ganzer Städte an. Ab 1881 verlegte sein Unternehmen in New York hundert Kilometer Kabel unter der Erde, 1882 ging das erste Zentralkraftwerk der USA in Betrieb. Internationale Aufträge folgten, im Jahr 1886 zählte sein Unternehmen zu den größten Konzernen weltweit. Edison – der Erfinder der Glühlampe? Vielleicht, aber die Ehre gebührt ihm mit Sicherheit nicht allein. Doch es war Edison, der die Glühbirne mit seinem ausgeprägten Geschäftssinn massentauglich gemacht hat.

## Meilensteine der Elektrizität

### 600 v. Chr.

In Ägypten war schon 2750 v. Chr. der elektrische Schock bekannt, mit dem bestimmte Fische ihre Beute fangen. Auch die alten Griechen wussten um natürliche Phänomene, wie etwa die elektrostatische Aufladung von Bernstein. Erstmals beschrieb um 600 v. Chr. der Pionier Thales von Milet diese Naturkraft.

### 1. Jh. v. Chr.

Die „Bagdad-Batterie“ wurde zwar erst in den 1930er-Jahren gefunden, doch ihre Verwendung geht viel weiter zurück. Dabei handelte es sich um Tongefäße, die mit einem Kupferzylinder und einem Eisenstab versehen waren. Versuche zeigten, dass mithilfe von Traubensaft als Elektrolyt eine Spannung von 0,5 V erreicht werden konnte.

### 1600–1733

Der britische Physiker und Arzt William Gilbert unterschied erstmals eindeutig zwischen Magnetismus und statischer Elektrizität. Der französische Naturforscher Charles du Fay wies 1733 nach, dass positive und negative Ladungen existieren.

### 1752

Der Amerikaner Benjamin Franklin startete sein berühmtes Drachenexperiment und entwickelte daraus den Blitzableiter. In den 1820er-Jahren verknüpfte der Physiker Georg Simon Ohm die physikalischen Größen Strom, Spannung und Widerstand miteinander: Das Ohm'sche Gesetz war geboren.

### Mitte des 19. Jh.

Samuel F. B. Morse entwickelte in den 1830er-Jahren den Schreibtelegraphen, 1837 wurde der erste Elektromotor patentiert, 1844 begann mit dem Morsealphabet die elektrische Kommunikation. Den Franzosen Henri Adolphe Archereau und Louis-Joseph Deleuil gelang 1843 die elektrische Beleuchtung eines öffentlichen Platzes. Die Erfindung der Glühbirne läutete endgültig das Zeitalter der Elektrizität ein.

# Junge Ideen für ausgewachsene Herausforderungen

Text › Elisabeth Stockinger

Wissenschaft ist der Schlüssel zur Bewältigung der großen Probleme unserer Zeit. Dass fundierte Lösungen und kluge Ideen nicht nur von renommierten Experten, sondern auch von aufstrebenden Nachwuchsforschern entwickelt werden, zeigen zahlreiche innovative Projekte.

## Tara Moghiseh, was verbirgt sich hinter CELLnet?

Es handelt sich um einen Leukozytenklassifikator: Mithilfe des von mir entwickelten Modells eines neuronalen Netzwerkes auf Basis von selbstlernenden Algorithmen werden die verschiedenen Typen weißer Blutkörperchen differenziert und klassifiziert. Damit lässt sich die Zusammensetzung der unterschiedlichen Leukozyten bestimmen – insbesondere eine akute Leukämie kann somit früher erkannt und behandelt werden.

## Woher kam die Idee zum Projekt?

Ich habe mich immer schon – auch aufgrund familiärer Krankheitsfälle – für Blut und dessen Zusammensetzung interessiert. Während meines Berufspraktikums in einem Hämatologie-Labor habe ich gemerkt, dass die manuelle Differenzierung bei der Erstellung von Blutbildern mit hohem Zeit-, Kosten- und Personalaufwand verbunden ist. Die bestehenden maschinellen Hämatologiegeräte sind zwar sehr schnell, können aber manche Krebszellen nicht sicher erkennen.

## Welche Schwierigkeiten gab es im Laufe der Lösungsfindung?

Ich habe festgestellt, dass mein bisheriges Schulwissen in Biologie, Informatik



**Künstliche Intelligenz für die Krebsforschung**



## Per Ultraschall zum Schraubenfeinschliff

und Mathematik für meine Forschung nicht ausreicht. Daher waren die Ergebnisse am Anfang nicht zufriedenstellend. Ich habe die Datensätze somit erweitert und oftmals die Parameter ändern müssen. Mittlerweile liegt die Genauigkeit der Klassifikation bei 98 %.

### Ist CELLnet ausgereift?

In der Forschung kann CELLnet bereits sehr hilfreich sein. Um ein ganzes Hämatologiesystem daraus zu entwickeln, sind jedoch noch viele Schritte notwendig. Besonders in der Medizintechnik müssen hohe Qualitätsansprüche erfüllt werden, denn es geht schließlich um die Gesundheit der Menschen.

### Welchen Berufswunsch haben Sie?

Ich bin noch nicht ganz sicher, wo und wie es jetzt für mich weitergeht. Ich wünsche mir aber, in Zukunft in der Krebsforschung tätig zu sein.

Als Jonas Münz 2017 ein Praktikum beim Medizintechnikhersteller ulrich medical absolvierte, kam ihm der Geistesblitz. Er war gerade damit beschäftigt, Knochenschraubentats-Schrauben aus Titan, die bei Verletzungen der Wirbelsäule eingesetzt werden, mittels eines Mini-Bohrers zu entgraten – also bei der Herstellung oder Bearbeitung entstandene Metallsplinter oder -kanten zu entfernen. Dabei stellte er fest, wie mühsam dieses Vorgehen ist. Häufig leide zudem die Stabilität des Werkstoffes oder es blieben Rückstände. Also recherchierte er und stieß auf das Verfahren des Ultraschallentgratens, das bisher allerdings nur Kunststoffe und Aluminium entgraten konnte.

Um das Verfahren zu optimieren, tüftelte der Gymnasiast mit seinem Freund Jakob Rehberger im Schülerforschungszentrum Südwürttemberg an einem Prototyp einer Ultraschallentgratanlage. Da Grate jedoch an jeder Schraube unterschiedlich ausgeprägt und oft mit bloßem Auge nicht zu erkennen sind, waren langwierige Versuchsreihen nötig. „Wir haben den Einstrahlwinkel optimiert, mit verschiedenen Wasserzusätzen experimentiert, die Temperatur angepasst, um die Kavitation zu verstärken, die

Beschalldauer sowie Intensität der Ultraschallbestrahlung korrigiert und eine verbesserte kavitationsbeständige Sonotrode entwickelt – ein Werkzeug, das durch Einleitung von Ultraschallschwingungen in Resonanzschwingungen versetzt wird.“ Das Ergebnis nach etwa 350 Betriebsstunden: Sauber entgratete und keimfreie Schrauben. Die Material- und Laborkosten des Projektes übernahm ulrich medical. Beim Medizintechnikhersteller werden derzeit zwei Anlagen zur Entgratung von Knochenschrauben gebaut, die baldmöglichst in der Produktion eingesetzt werden sollen.

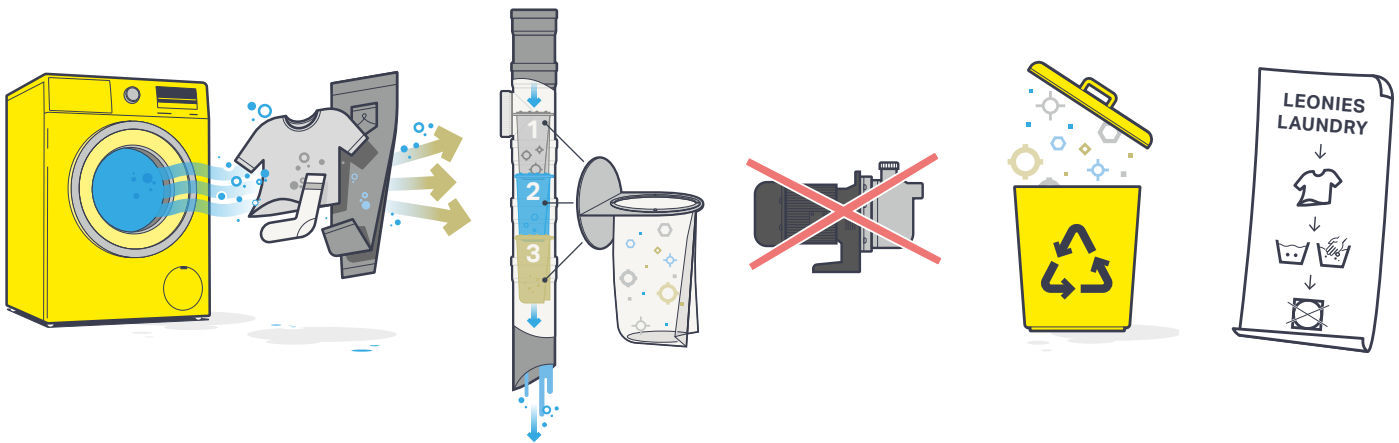
Aus der Idee ist nun sogar ein Start-up entstanden, die ultraTEC Anlagentechnik Münz GmbH. Das Verfahren soll nicht nur in der Medizintechnik, sondern in nahezu der gesamten verarbeitenden Industrie eingesetzt werden. „Ein weiterer großer Vorteil dieser Anlage ist, dass sie sehr ressourcenschonend arbeitet“, erzählt Münz. Im Gegensatz zu einem Hochdruckwasserstrahl, der häufig beim Entgraten solcher Bauteile verwendet wird, verbraucht der ultraTEC nur 2% der bei diesem herkömmlichen Verfahren benötigten Energie.

## Saubere Lösung für Waschmaschinen und Weltmeere



„Als wir im Urlaub vor zwei Jahren mehr Müll als Muscheln im Meer gefunden haben, begann mein aktives Engagement gegen die zunehmende Umweltverschmutzung der Weltmeere“, erzählt Leonie Prillwitz aus dem bayerischen Friedberg. Mit ihrem Mikroplastikfilter sollen Kunststofffasern, die sich beim Waschen von der Kleidung lösen und anschließend ins Grundwasser gelangen, aufgefangen werden.

Von der Idee bis zum Prototyp hat es ungefähr ein halbes Jahr gedauert. Die Funktionsfähigkeit des Filters hat die 16-Jährige daheim in unzähligen Waschvorgängen getestet. Neben den physikalischen Überlegungen war im Hinblick auf den mehrstufigen Filteraufbau auch die Kombination der Maschenweiten für die Filterbeutel und ihre Form selbst wichtig. Die zentrale Frage war: Nach wie vielen Waschgängen läuft der Filter über? Unterstützung und Motivation kamen stets von der Familie, besonders in stressigen Situationen, „wenn die Waschküche mal wieder unter Wasser stand“.



**1**

Bei jedem Waschvorgang lösen sich unzählige synthetische Fasern von unserer Kleidung.

**2**

Das Filtersystem besteht aus drei feinen länglichen Kunststoff-Filterbeuteln – mit unterschiedlichen Maschenweiten. Diese befinden sich in einer Rohrkonstruktion, die an den Abwasserschlauch angeschlossen wird. So werden die Mikrofasern direkt aus dem Wasser gefiltert.

**3**

Im Gegensatz zu klassischen Filtermethoden funktioniert Leonies Erfindung ohne zusätzliche Pumpe und ist daher mit wenig technischem Aufwand verbunden.

**4**

Die Fasern können nach dem Auffangen mit einfachen Handgriffen aus den Beuteln geholt und als Plastikmüll entsorgt werden.

**5**

Zusätzlich hat die Erfinderin eine Waschempfehlung mit Tipps erstellt, wie schonend gereinigt werden kann, sodass sich möglichst wenige Mikrofasern lösen.

# Technik der Zukunft

Die nächsten Innovationen kündigen sich bereits an:  
Die Zukunft der Technik bleibt damit ebenso spannend,  
wie es die Vergangenheit war.

Der „**UVD Robot**“ von Blue Ocean Robotics fährt autonom durch Krankenhäuser und sendet dabei konzentriertes UV-C-Licht aus. Dadurch erreichen die Kliniken eine Desinfektionsrate von 99,99 %. Erste Modelle der Desinfektionsroboter sind in einigen Ländern schon in der Testphase.

In **3,5 Stunden** von London nach New York: Das US-Start-up Boom arbeitet an einem Überschallflugzeug für bis zu 55 Passagiere. XB-1, ein erster Prototyp, wurde im Oktober 2020 der Öffentlichkeit präsentiert. In rund fünf Jahren soll die Entwicklung abgeschlossen sein.

Mit **Elektroschiffen** wird in Skandinavien und Taiwan experimentiert, um Binnenschiffe oder Fähren künftig mit Strom anzutreiben statt mit Dieselmotoren. Um den Aufladevorgang zu verkürzen, hat das Unternehmen ZES („Zero Emission Services“) Schiffscontainer entwickelt, in die riesige Akkus integriert sind.

# Impressum

## Redaktionsanschrift

Brunel GmbH | Redaktion Der Spezialist  
Franz-Rennefeld-Weg 4 | 40472 Düsseldorf  
der-spezialist.de@brunel.net  
T +49 211 695 600-43

## Herausgeber und Erscheinungsweise

Brunel GmbH / 1 Ausgabe pro Jahr, Auflage 5.500 Stück

## Verantwortlicher Redakteur (v. i. S. d. P.)

Jilko Andringa, CEO, Brunel International N.V., Brunel GmbH

## Redaktion

DIALOG Public Relations, Bremen

## Gestaltung

GfG / Gruppe für Gestaltung GmbH, Bremen

## Lektorat

Textgärtnerei®, Bremen

## Druck

Druckerei Girzig + Gottschalk GmbH, Bremen

## Fotografie (Copyrights)

Thomas Kleiner (Umschlag, S. 25–26), Brunel GmbH (S. 3, S. 6, S. 36 unten), Andreas Heddergott / TUM (S. 4 links oben, S. 12), Brunel Foundation (S. 4 links unten, S. 14, S. 16–17), Stefan Mays (S. 4 rechts, S. 28–29), picture alliance / Matthias Merz (S. 5 links, S. 32, S. 33 unten), Nordseetaucher GmbH (S. 5 rechts, S. 44–45), GfG / Gruppe für Gestaltung GmbH (S. 6–7, S. 13, S. 37, S. 41, S. 54 unten), iStock (S. 8–9, S. 15), Patrick Langer / KIT (S. 10 oben), Roland Dittmeyer (S. 10 unten), Thomas Brück / TUM (S. 11), Google (S. 18–23), Berliner Glas (S. 24, S. 27), ESO / L. Calçada (S. 30–31), ESO (S. 33 oben), ion42 / FAIR (S. 34 links), SKA Organisation (S. 34 Mitte), NASA / MSFC / David Higginbotham (S. 34 rechts), ESA / P. Carril (S. 35 links), ITER ORGANIZATION (S. 35 rechts), NOVATEK (S. 36 oben), Faris Rajak Kotahatuhaha (S. 38–40), Getty Images / Kangheewan (S. 42), Rui Wang und Jingjing Xue (S. 43 links), Chao-Yang Wang Lab, Penn State (S. 43 rechts), ESA / G. Porter (S. 46), Science History Images / Alamy Stock Photo (S. 47), Granger Historical Picture Archive / Alamy Stock Photo (S. 48–49), (S. 50 rechts unten), ullstein bild (S. 50 links oben), Wikimedia Commons (S. 50 links unten), Pictorial Press Ltd. / Alamy Stock Photo (S. 50 rechts oben, S. 51 links), B Christopher / Alamy Stock Photo (S. 51 rechts), Stiftung Jugend forscht e.V. (S. 52–54 oben)



**DIALOGPOST**  
Ein Service der Deutschen Post

ALLEMAGNE Port payé

Brunel GmbH | Franz-Rennefeld-Weg 4 | 40472 Düsseldorf

**Brunel GmbH**  
Franz-Rennefeld-Weg 4  
40472 Düsseldorf

T +49 211 695 600-43  
brunel.de  
der-spezialist.de@brunel.net