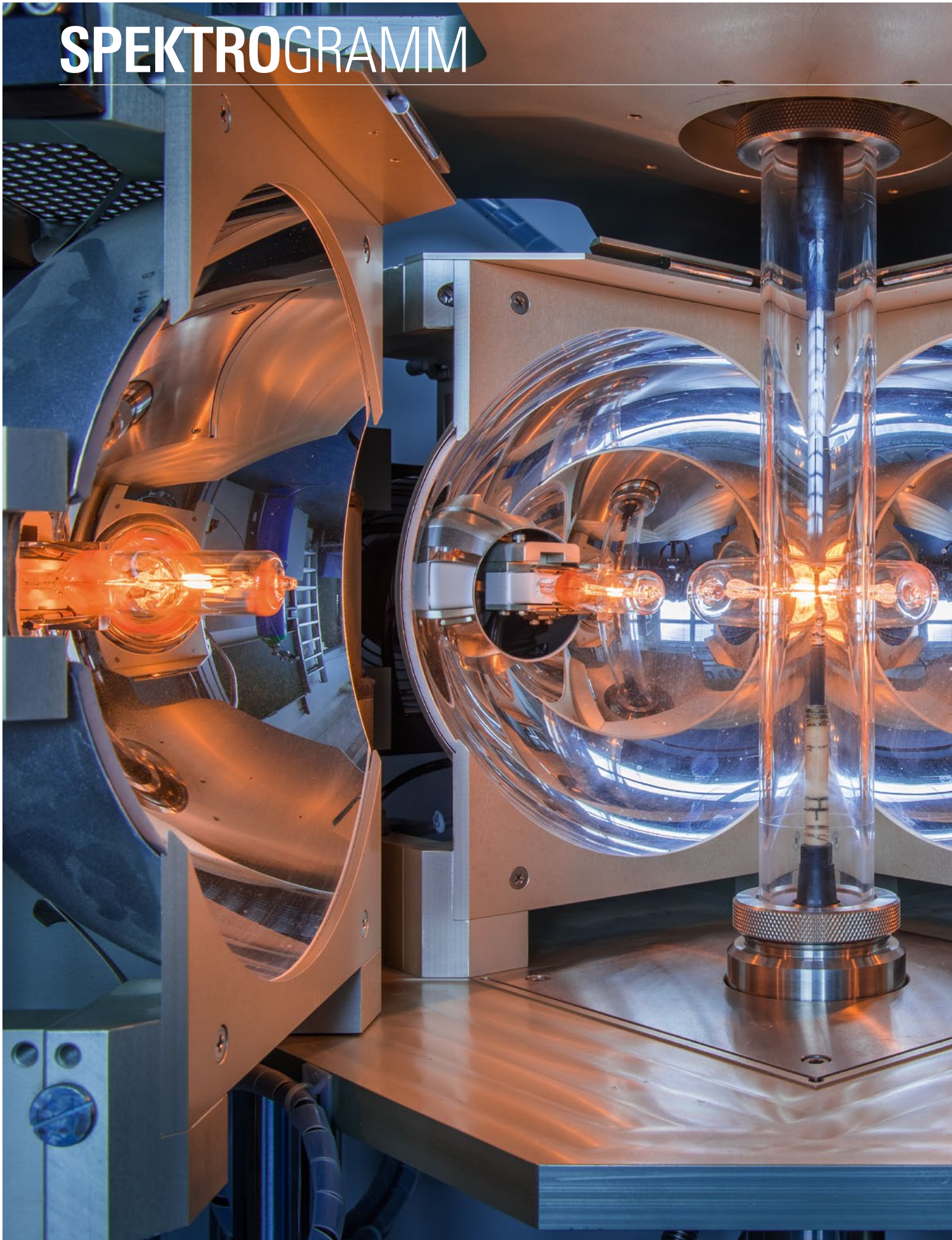
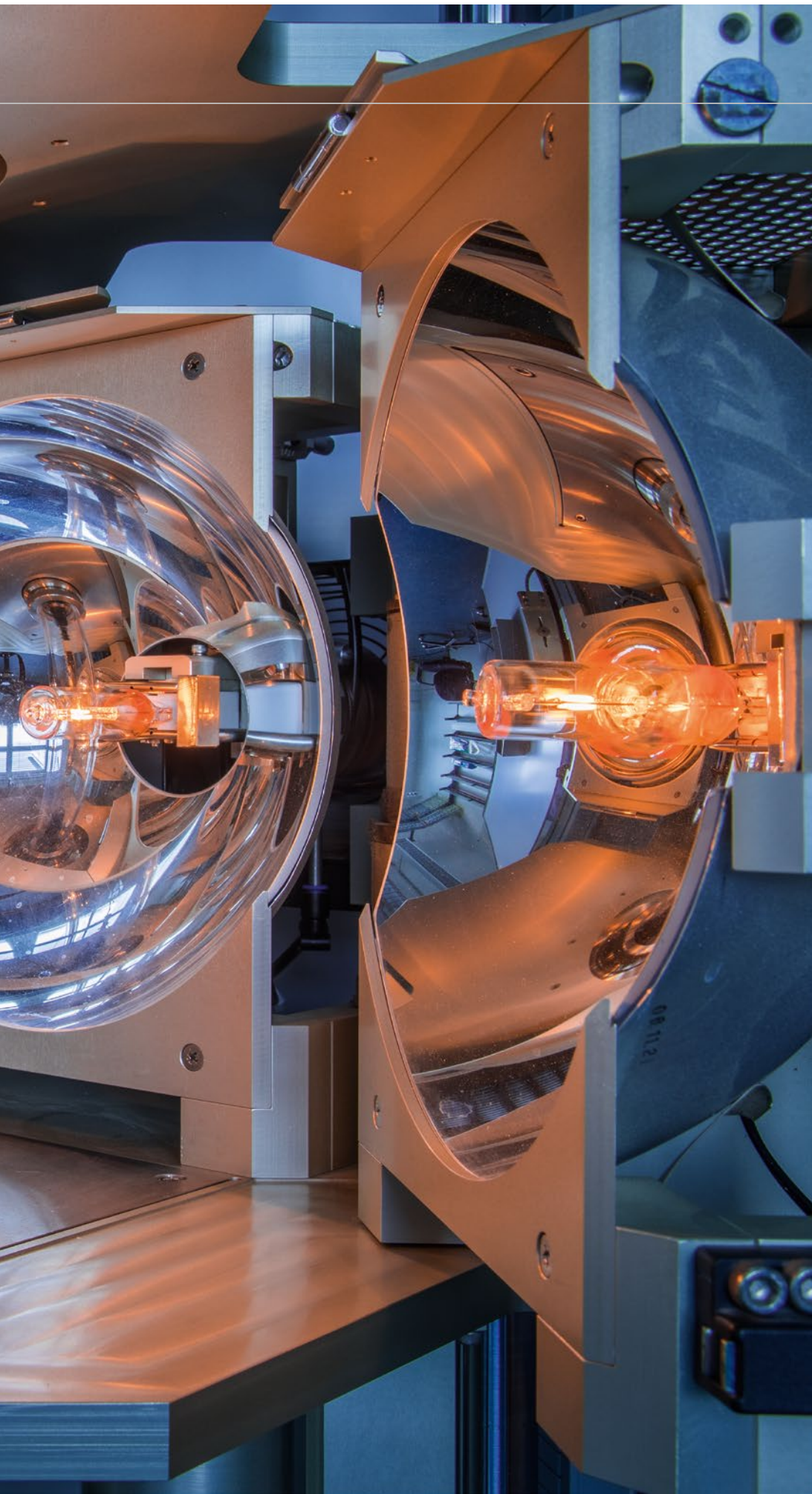


SPEKTROGRAMM



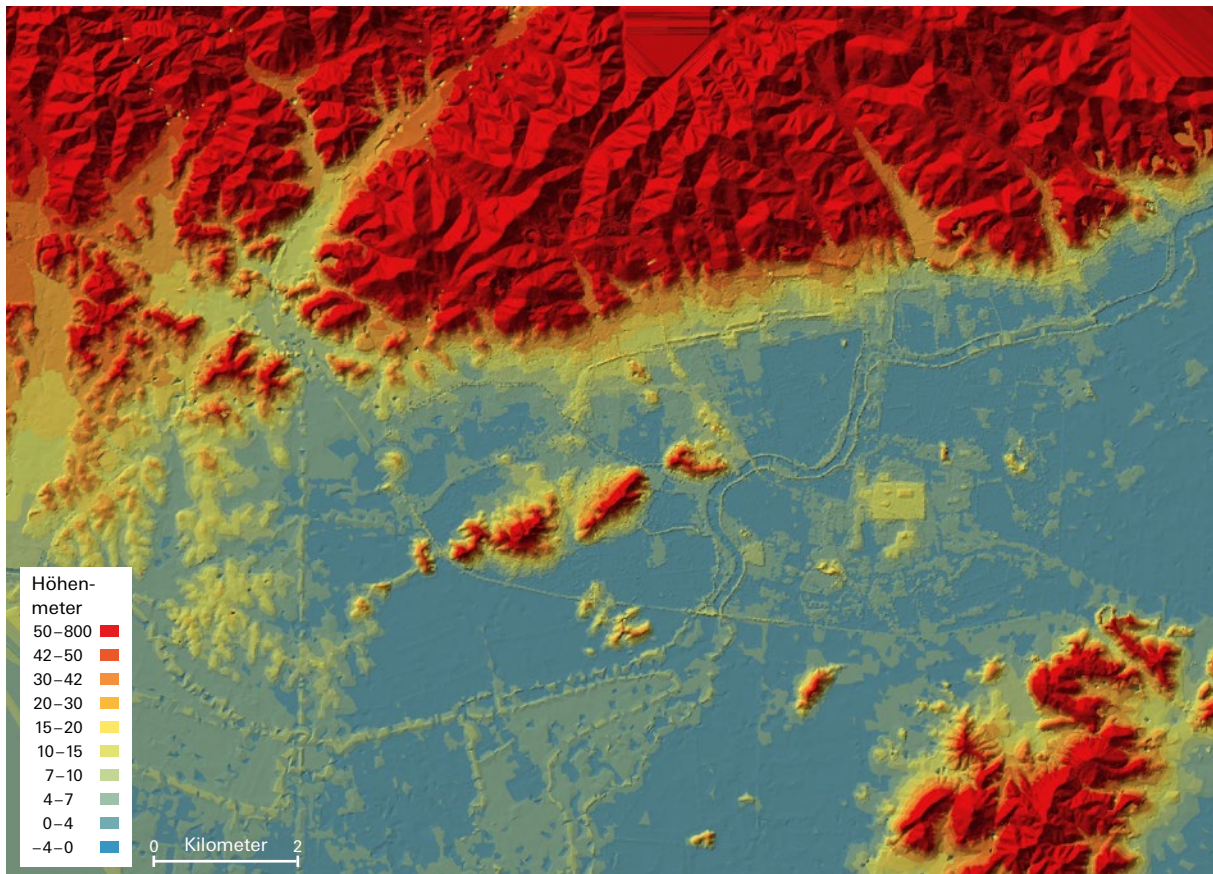


BLICK IN DEN KRISTALLOFEN

▶ Mit einem aufklappbaren Zonenschmelzofen züchten Wissenschaftler im CoreLab für Quantenmaterialien des Helmholtz-Zentrums Berlin perfekte Kristalle. Das Gerät besteht aus vier Halogenlampen, die jeweils von einem beweglichen Hohlspiegel umgeben sind. Gemeinsam erhitzen sie eine in Zigarettenform gepresste Pulverprobe im Zentrum des Apparats auf bis zu 2000 Grad – etwa die doppelte Temperatur von flüssiger Lava. Dank der beweglichen Spiegel können die Forscher den Brennpunkt der Lampen wandern lassen und so die Probe Zone für Zone schmelzen.

Beim Abkühlen der Masse entsteht aus einem Kristallkeim ein annähernd perfekter Einkristall, der für Materialwissenschaftler enorm interessant ist. Denn die Atome darin bilden ein homogenes Kristallgitter mit sehr wenigen Fehlstellen. Dadurch lassen sich Quanteneffekte wie die Supraleitung oder exotische magnetische Phasen, bei denen es auf die Anordnung einzelner Atome ankommt, im Detail erforschen. In Kristallen aus Chemielaboren ist dies nicht so gut möglich, da deren Struktur mehr Unregelmäßigkeiten aufweist.

HZB-Pressemitteilung, Juni 2017



LIU, B. ET AL.: EARLIEST HYDRAULIC ENTERPRISE IN CHINA, 5100 YEARS AGO. IN: PNAS, 10.1073/PNAS.1710516114, 2017, FIG. 1B

Das Landschaftsprofil einer Region im unteren Jangtsetal offenbart Kanäle und Dämme, welche die Bewohner der Stadt Liangzhu (von der rechts im Bild noch das rechteckige Palastfundament sichtbar ist) vor 5000 Jahren anlegten.

ARCHÄOLOGIE URALTE BEWÄSSERUNGSANLAGE

Die Menschen der Liangzhu-Kultur an der Südostküste Chinas haben nahe dem Jangtse-Delta bereits vor 5000 Jahren ein eindrucksvolles Bewässerungssystem angelegt, berichten Archäologen um Yijie Zhuang vom University College in London. Die Wissenschaftler haben in jahrelanger Arbeit ein digitales Relief der Region angefertigt, unter anderem mit Hilfe von Satellitendaten, aus dem die einstigen Kanäle und Dämme eindeutig hervortreten (siehe Bild oben). Daneben datierte

das Team etwa 500 Materialproben mit der Radiokarbonmethode.

Die spätjungsteinzeitliche Kultur der Liangzhu ist schon länger für ihren Jadeschmuck bekannt, den Archäologen in der Vergangenheit immer wieder aus Gräbern in der Region geborgen haben. Forscher schätzen, dass die Gemeinschaft in ihrer Blütezeit etwa 30 000 Mitglieder hatte, die im Umfeld einer drei Quadratkilometer großen Stadt lebten.

Die Dämme dienten offenbar dazu, die umliegenden Reisfelder vor Überflutungen durch den Jangtse zu schützen. Dank Wasserspeichern waren die Bauern außerdem unabhän-

giger vom Monsunregen und den Jahreszeiten.

Insgesamt errichteten die Liangzhu vor 4800 bis 5200 Jahren auf einer Strecke von 30 Kilometern Wasserstraßen. Das Team um Yijie Zhuang vermutet, dass die Herrscherelite der Kultur tausende Bauern zum Bau des Systems verdonnerte und das dafür binnen eines knappen Jahrzehnts drei Millionen Kubikmeter Erde bewegt wurden.

Nach einigen Jahrhunderten verließen viele Bewohner die Siedlung jedoch, möglicherweise wegen andauernder Trockenperioden. Vor etwa 4200 Jahren wurde das Gebiet dann massiv überschwemmt,

weshalb viele der Anlagen heute von einer ein Meter dicken Lehmschicht bedeckt sind.

Die Funde sprechen dafür, dass es sich bei den Liangzhu um eine frühe Form der hydraulischen Gesellschaft handelte. Dieser Gemeinschaftstyp war bis in die frühe Neuzeit in vielen Regionen Asiens die Basis von Hochkulturen wie etwa dem Khmer-Reich. Weltweit gibt es jedenfalls nur wenige ähnlich alte Anlagen, etwa die 5600 Jahre alte Jawa-Fundstelle im Jordantal und die einige Jahrhunderte jüngeren Bewässerungsprojekte in Mesopotamien.

PNAS 10.1073/pnas.1710516114, 2017

NANOTECHNOLOGIE RESISTENZ GEGEN SILBERTEILCHEN

► Krankheitserreger können sich vor antibakteriellen Silber-Nanopartikeln schützen, indem sie mehr des weit verbreiteten Proteins Flagellin erzeugen. Das berichtet eine Arbeitsgruppe um Radek Zbořil von der Palacký University Olomouc in der Tschechischen Republik. Aus Flagellin bestehen die fadenförmigen Gebilde, mit denen sich viele Bakterien fortbewegen, die so genannten Flagellen.

Silber-Nanoteilchen hingegen kommen als Keimbekämpfer in vielen Gebrauchsgegenständen und medizinischen Geräten zum Einsatz. Über mögliche Resistenzen diskutieren Fachleute seit Jahren.

Die Wissenschaftler um Zbořil gingen der Sache nun auf den Grund, indem sie zwei Stämme des Darmbakteriums *Escherichia coli* sowie den oft multiresistenten und in Krankenhäusern weit verbreiteten Erreger *Pseudomonas aeruginosa* geringen Konzentrationen von Nanosilber aussetzten.

Bereits nach wenigen Wachstumszyklen waren die Bakterien widerstandsfähiger gegenüber den Nanoteilchen. Im Lauf des Versuchs entwickeln die Erreger sogar eine komplette Resistenz. Hinter der Widerstandskraft steckt ein ungewöhnlicher Mechanismus, berichten die Forscher. Im Unterschied zu üblichen Antibiotikaresistenzen sind die Bakterien weiterhin empfindlich gegen Silberionen. Allerdings halten sie das Edelmetall von sich fern, indem sie Flagellin ausscheiden und damit die fein verteilten

Ionen verklumpen lassen. In den Kulturschalen der resistenten Bakterien bildete sich bei den Tests der Forscher ein grauer Bodensatz aus Silber und bakteriellem Eiweiß.

In weiteren Untersuchungen belegte die Arbeitsgruppe, dass der Effekt durch überschüssiges Flagellin in der Lösung entsteht. Das Protein spielt auch bei der Bildung von Biofilmen eine Rolle, weshalb viele Bakterien es in großen Mengen ausschütten können.

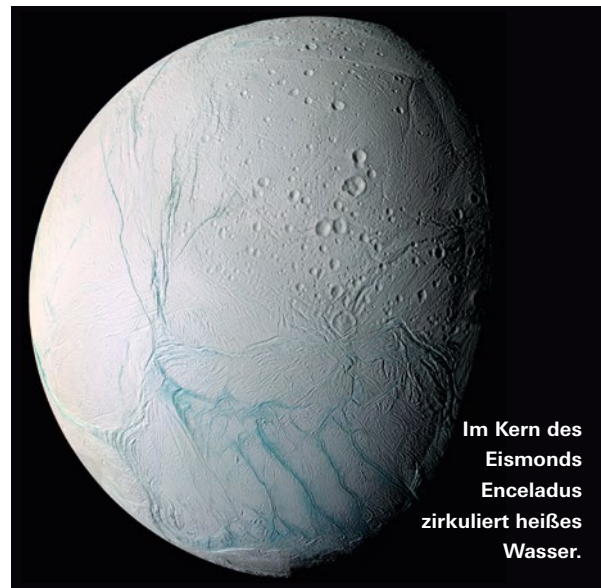
Nat. Nanotechnol. 10.1038/s41565-017-0013-y, 2017

ASTRONOMIE DIE HEIZUNG DES ENCELADUS

► Forscher haben möglicherweise die Wärmequelle identifiziert, die den unterirdischen Ozean auf Enceladus flüssig hält. Die Raumsonde Cassini, deren Mission im September 2017 endete, hatte über dem Südpol des Saturnmonds wiederholt Fontänen aus Wasserdampf und Eiskristallen beobachtet. Auch Unregelmäßigkeiten im Schwerefeld des Trabanten sprechen dafür, dass sich unter seinem mehrere Kilometer dicken Eisanspanzer ein Meer verbirgt, an dessen Grund hydrothermale Quellen blubbern.

Aber woher beziehen die Unterwasserschote ihre Energie? Die Wissenschaftler um Gaël Choblet von der Université de Nantes und Frank Postberg von der Universität Heidelberg glauben diese Frage nun beantworten zu können. Sie gehen davon aus, dass der Kern des Eismonds nicht etwa eine feste Masse bildet, wie man bisher annahm. Stattdessen handele es sich eher um eine lose Ansammlung von eisenhaltigen Körnchen, die von feinen Wasseradern durchzogen ist. Diese Zusammensetzung ist denkbar, da das Innere des nur 504 Kilometer großen Monds von der Schwerkraft vergleichsweise schwach zusammengedrückt wird.

Eine dreidimensionale Computersimulation der Forscher legt nahe, dass die lose Zusammensetzung der Schlüssel für die Energiequelle auf Enceladus ist: Da der Mond den Saturn auf einer elliptischen Bahn umrundet, wird sein Inneres laufend von Gezeitenkräf-



Im Kern des Eismonds Enceladus zirkuliert heißes Wasser.

NASA/JPL/SPACE SCIENCE INSTITUTE

ten durchmischt. Bei der Reibung zwischen den Körnchen entstehen gut 10 Gigawatt an Wärme – genug, um das Nass unter der Kruste dauerhaft flüssig zu halten. Das Wasser im Kern ist demnach mindestens 90 Grad Celsius warm und breitet sich vor allem in Richtung der Pole aus. Die Planetologen vermuten, dass im Inneren des Monds seit Langem ein Kreislauf besteht: Sich abkühlendes Wasser sickert immer wieder in den Kern hinab, wo es erwärmt wird und dann in den Ozean unter der Eiskruste zurückkehrt.

Nature Astronomy 1, S. 841–847, 2017

BIOLOGIE VOM REISSBRETT- GEN ZUM DESIGN-PROTEIN

► Ein zum Teil künstliches Bakterium erzeugt Proteine mit Hilfe eines menschengemachten neuen Basenpaars im Erbgut, berichtet eine Arbeits-

gruppe um Floyd E. Romesberg vom Scripps Research Institute in Kalifornien. Das Team hatte bereits 2014 Schlagzeilen gemacht, als es das künstliche Basenpaar dNaM-dTPT3 zusätzlich zu A-T und C-G in das Erbgut des Bakteriums *Escherichia coli* einfügte. Zu jener Zeit waren die

beiden neuen Buchstaben jedoch noch funktionslos. Mit der jetzt vorgestellten Technik ändert sich das: Nun sind die Buchstaben Teil von zwei neuen Basen-kombinationen (»Codons«), welche die Aminosäuren Propargyllysin (PrK) und Azidophenylalanin (pAzF), die nicht in natürlichen Eiweißstoffen vorkommen,

in Proteine einbauen. Dabei übersetzt die veränderte Zelle die künstlichen Basen originalgetreu in entsprechende RNA und überträgt diese in Ribosomen mit Hilfe spezieller tRNA hochpräzise in ein fluoreszierendes Protein mit den künstlichen Bauteilen, berichten die Forscher.

CHEMIE KATALYSATOR ZUR METHANVEREDELUNG

► Beim Fördern und Verarbeiten von Erdöl fällt als Nebenprodukt Methan an. Oft ist es unwirtschaftlich, das Erdgas energetisch zu nutzen oder in andere chemische Grundstoffe umzuwandeln. Große Mengen



Mit Fracking-Türmen wie hier im US-Bundesstaat Louisiana werden gewaltige Mengen Methan gewonnen. Ein neues Verfahren wandelt das Gas in Methanol und Essigsäure um.

GRANDRIVER / GETTY IMAGES / ISTOCK

davon werden daher einfach abgefackelt – allein in den USA zirka sechs Milliarden Kubikmeter jährlich. Gleichzeitig hat der Fracking-Boom jenseits des Atlantiks die Produktion von methanhaltigem Schiefergas in den vergangenen zehn Jahren stark angefacht. Entsprechend hoch ist das Interesse an einem Prozess, mit dem sich Methan kostengünstig in industriell begehrte Kohlenwasserstoffe verwandeln lässt.

Chemiker um Junjun Shan von der Tufts University in Massachusetts haben nun ein Verfahren entwickelt, das Methan, Kohlenmonoxid und Sauerstoff bei relativ geringem Druck und niedriger Temperatur in Methanol und Essigsäure überführt. Dazu leiten die Forscher die Gase in einen Druckreaktor ein und bringen sie mit verschiedenen Katalysatoren in Kontakt. Nach sechs Stunden entstehen aus dem Methan so entweder bis zu 4 Prozent Methanol oder bis zu 60 Prozent Essigsäure. Die beiden Flüssigkeiten sind wichtige Rohstoffe der Kunststoff- und Lebensmittelindustrie; Methanol dient zudem als Treibstoff.

Als Katalysator nutzten die Wissenschaftler isolierte Rhodiumionen, die in porösem Aluminiumsilikat (Zeolit) oder Titandioxid verankert sind. Während der Rhodium-Titandioxid-Katalysator ausschließlich zur Bildung von Methanol führt, entscheidet bei der Zeolit-Variante die molekulare Zusammensetzung über das Reaktionsprodukt: In Anwesenheit des unbehandelten Katalysators vereinen sich Methan und Sauerstoff – unter Einlagerung eines Moleküls Kohlenmonoxid – zu Essigsäure. Tauscht man im Trägermaterial Wasserstoffionen gegen Natriumionen, entsteht hingegen überwiegend Methanol.

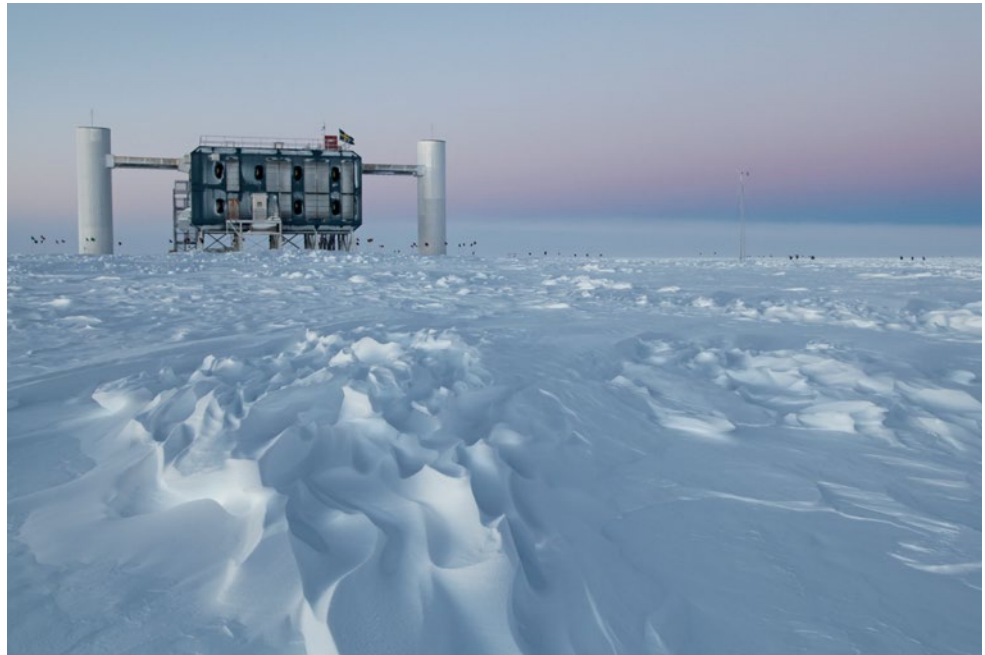
Insgesamt könnte das Verfahren dazu beitragen, dass künftig weniger Erdgas abgefackelt wird, berichten die Chemiker. Allerdings müsse man die Effizienz noch steigern, um die Methode kommerziell interessant zu machen.

Nature 551, S. 605–608, 2017

Der Text des Erbguts, der in Proteine übersetzt wird, besteht eigentlich nur aus den vier Buchstaben C, T, G und A. Seit zwei Jahrzehnten forschen Wissenschaftler jedoch an Möglichkeiten, dieses Repertoire zu erweitern. Dabei reicht es nicht, nur zwei neue Moleküle ins Erbgut einzuschleusen. Das zusätzliche Basenpaar darf die Bakterien nicht an der Vermehrung hindern, und es muss Zellteilungen überstehen, ohne wieder verloren zu gehen. Erst seit Ende 2016 erfüllt Romesbergs Bakterium diese Kriterien. Daneben müssen die neuen Buchstaben aber auch noch in RNA übertragen und im Ribosom korrekt ausgelesen werden – erst dann handelt es sich um genetische Information.

Um diese Bedingung zu erfüllen, stellte das Team dem veränderten Erbgut eine ganze Palette Hilfsmoleküle zur Seite, darunter spezielle tRNA, welche die Codons mit den künstlichen Basen erkennen und daraufhin eine der neuen Aminosäuren an eine wachsende Eiweißkette hängen. Ob die Arbeit auch für praktische Anwendungen bedeutsam ist, lässt sich bisher noch nicht absehen. Einerseits bietet ein erweiterter genetischer Kode Raum für neue Aminosäuren, die in maßgeschneiderte Proteine mit bisher unerreichbaren Eigenschaften eingebaut werden könnten. Andererseits gibt es bei den meisten möglichen Anwendungen der Technik einfachere Verfahren, die dasselbe mit weniger Aufwand erreichen.

Nature 551, S. 644–647, 2017



SVEN LINDBLOM, ICECUBE / NSF

Neutrinojagd in der Antarktis: Rund um das IceCube-Labor an der Amundsen-Scott-Südpolstation reichen dutzende Bohrlöcher 2,5 Kilometer in die Tiefe. Die darin versenkten Detektoren spüren Neutrinos auf, die im Weltall entstanden sind.

PHYSIK ERDKUGEL VERSCHLUCKT NEUTRINOS

► Normalerweise durchdringen Neutrinos Materie fast ungehindert. Wer die geisterhaften Elementarteilchen beispielsweise mit Blei stoppen will, muss ihnen einen Klotz mit einer Kantenlänge von einem Lichtjahr in den Weg stellen. Und selbst das hält nur grob die Hälfte der Teilchen auf.

Aber schon länger vermuten Physiker, dass Neutrinos, die viel Energie huckepack tragen, weit häufiger von Atomkernen absorbiert werden. Forschern des Observatoriums IceCube am Südpol ist es nun gelungen, diese Vermutung zu bestätigen. Die Wissenschaftler haben rekonstruiert, wie viele

Neutrinos mit einer Energie zwischen 6 und 980 Teraelektronvolt (TeV) den Detektor in den Jahren 2010 und 2011 trafen, und aus welcher Richtung sie jeweils kamen. Dabei zeigte sich: Je höher die Energie eines Neutrinos war, desto eher wurde es von der Erde abgefangen.

IceCube besteht aus etwa 5000 Fotosensoren, die an langen Fäden in insgesamt 86 Bohrlöchern hängen. Damit will man in erster Linie Neutrinos aufspüren, die aus weit entfernten Regionen des Weltalls stammen. Kollidiert eines der Teilchen im antarktischen Eis mit einem Atomkern, entstehen in einer Kernreaktion geladene Partikel, so genannte Myonen. Sie senden bei ihrem Weg durch die Eismasse kurze Lichtblitze aus, worauf die Detektoren von IceCube anspringen.

Letztlich können die Forscher so die Flugrichtung und Energie des absorbierten Neutrinos rekonstruieren.

Wie die Analyse zeigte, erreichten ab einer Energie von 40 TeV fast nur solche Neutrinos den Detektor, die nicht aus Richtung der Erdkugel – sozusagen von unten – kamen. Alle anderen Partikel wurden also von Atomkernen unter unseren Füßen verschluckt. Das Ergebnis bestätigt die Gleichungen des Standardmodells der Teilchenphysik, die einen Anstieg der Absorptionsrate in diesem Maß vorhersagen. Einige Forscher dürften hingegen enttäuscht sein: So prognostizieren manche Erweiterungen des Weltmodells der Physiker, dass irdische Materie hochenergetische Neutrinos noch viel bereitwilliger abfängt.

Nature 551, S. 596–600, 2017