

Ein Süswassersee im Eis der Antarktis

Fundgrube für Evolutionsbiologen erwartet – Gefahr der Verunreinigung

Unter kilometerdickem Eis in der Antarktis liegt vielleicht ein Genreservoir der besonderen Art: Ein unterirdischer Süswassersee, der Mikroorganismen birgt, die seit Millionen Jahren von der Umwelt abgeschlossen sind.

■ VON OLIVER STEBLER

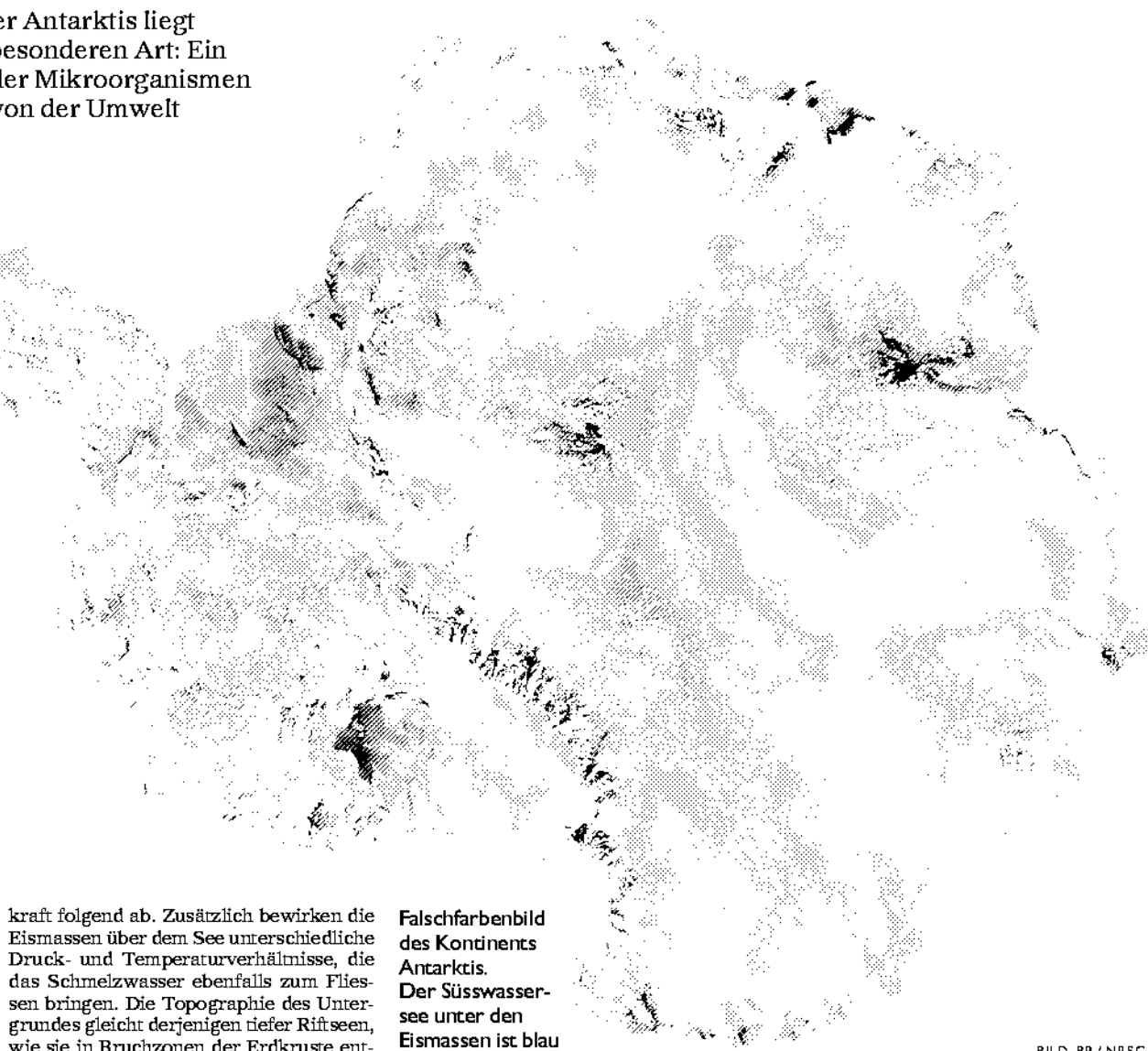
«Es ist pure Spekulation, zugegeben, aber wenn sich unsere Vermutungen bewahrheiten, existiert in diesem See tatsächlich Leben», kommentiert Cynan Ellis-Evans vom British Antarctic Survey die Entdeckung eines Süswassersees in der Antarktis. Die Lage des Sees ist ungewöhnlich, er liegt am Grund des antarktischen Eisschildes, über ihm türmt sich kilometerhoch Eis. Der Wostoksee, benannt nach der russischen Forschungsstation in dessen Nähe, ist bis zu 500 Meter «tief» und rund 200 Kilometer lang, er ist damit etwa so gross wie der amerikanisch-kanadische Ontariosee.

Grössere Wasserkörper im Eis der zentralen Ostantarktis wurden bereits in den siebziger Jahren entdeckt, so auch der Wostoksee. Doch erst kürzlich verdichteten sich die Hinweise, dass es sich um einen Süswassersee handeln könnte. Mit Hilfe des europäischen Fernerkundungssatelliten ERS-1 vermessen die Forscher die Topographie des Eises über dem See. Die Eisdecke erwies sich über weite Strecken als nur leicht geneigt und nahezu glatt, ein Hinweis darauf, dass das Eis trotz seiner Mächtigkeit von vier Kilometern auf Wasser schwimmt. Aus der Mächtigkeit des Eises und der starken Neigung der Oberfläche im Seeuferbereich schlossen die Forscher auf Süswasser.

Tauwetter am Grund

Die benachbarte Forschungsstation Wostok liegt beim Kältepol der Erde auf 79 Grad südlicher Breite; -89 Grad Celsius wurden dort einmal gemessen. Im Schnitt liegen die Temperaturen an der Eisoberfläche bei -50 °C, selbst an wärmsten Sommertagen erreicht das Thermometer den Nullpunkt nicht. Doch unter dem Eis herrscht Tauwetter. Die Eisdecke isoliert das antarktische Festland so wirksam, dass geothermische Wärme aus dem Erdinnern das Eis vom Boden her zum Schmelzen bringt. Und wenn der Eispanzer gemächlich dem Untergrund entlangschrammt, wird Reibungswärme frei, die ebenfalls zum Auftauen beiträgt.

Das Schmelzwasser fliesst – wie bei überirdischen Seen auch – der Schwer-



kraft folgend ab. Zusätzlich bewirken die Eismassen über dem See unterschiedliche Druck- und Temperaturverhältnisse, die das Schmelzwasser ebenfalls zum Fließen bringen. Die Topographie des Untergrundes gleicht derjenigen tiefer Riftseen, wie sie in Bruchzonen der Erdkruste entstehen, so zum Beispiel beim Baikalsee in Russland. Das eigentliche Seebett liegt 700 Meter unter dem Meeresspiegel.

Urwesen unter Druck?

Möglicherweise birgt der unterirdische Wostoksee Mikroorganismen, die seit Millionen Jahren, von Umwelt und Evolution abgeschlossen, dort ihr Leben fristen. Vor langer Zeit sind sie vom Wind aus niederen Breiten in die Antarktis verfrachtet worden. Geschockt von den unwirtlichen Lebensumständen, bildeten sie Sporen, scheinrote Dauerformen, um das schlechte Wetter buchstäblich auszusitzen. Dabei versanken sie langsam im Eis, bis sie schliesslich in vier Kilometer Tiefe

Falschfarbenbild des Kontinents Antarktis. Der Süswassersee unter den Eismassen ist blau gekennzeichnet.

in den unterirdischen Wostoksee gelangten, wo sie sich wieder in lebendige Formen verwandelten.

Soweit die Hoffnung der Evolutionsbiologen. Tatsächlich haben Klimaforscher in den kilometerlangen Eisbohrkernen, wie sie für die Klimaforschung verwendet werden, immer wieder tiefgefrorene Mikroorganismen gefunden. Stellenweise stiessen sie sogar auf eine erstaunliche Vielfalt. So auch bei der Forschungsstation Wostok, wo ebenfalls eine Eiskernbohrung abgeteuft wird (TA vom 30. 4. 96). Mehrmals wurden Bakterien wie Antibiotika produzierende Actinomycoeten,

Hefe- und Fadenpilze, aber auch Kieselalgen nachgewiesen.

Diese Mikroorganismen sind wahre Überlebenskünstler: Die ältesten bakteriellen Dauerformen wies man in einer Tiefe von 2395 Metern nach, was einem stolzen Alter von 200 000 Jahren entspricht. «Wir haben Mühe, das Alter des Sees genau zu schätzen, aber wir gehen von einigen Millionen Jahren aus», schätzt der an der Entdeckung des Sees beteiligte britische Glaziologe Martin J. Siegert. Allfällige Mikroorganismen im See wären demnach deutlich älter als die bisher in den Eisbohrkernen gefundenen.

BILD BP / NRS / SCIENCE PHOTO LIBRARY

Sind da überhaupt noch lebensfähige Mikroben zu erwarten?

Der Biologe Cynan Ellis-Evans meint ja: «Wenn Mikroorganismen über Hunderttausende von Jahren lebensfähig bleiben, wieso nicht auch länger?» Auch über die Umweltbedingungen, die in dem See herrschen, können die Forscher nur spekulieren. Eines ist jedoch klar: Nur wenige dieser im Eis konservierten Mikrobenarten dürften den subglazialen See besiedelt haben. Dies aus folgendem Grund: Mit den Mikroorganismen gelangten auch auch Partikel atmosphärischen Ursprungs und Sauerstoff in den See. Letzterer wiederum ist für gewisse Mikroorganismen toxisch, vor allem wenn ein Überangebot an Sauerstoff herrscht.

Damit nicht genug: Der enorme Druck der Eismassen dürfte gewisse Mikroorganismen ganz schön ins Schwitzen bringen und ihrer Überlebensfähigkeit klare Grenzen setzen. Mit der Nährstoffarmut hingegen dürften die Mikroben besser zurechtkommen, reduzieren sie unter solchen Bedingungen doch einfach ihren Metabolismus. Auch an die frostigen Temperaturen dürften zumindest antarktische Mikroorganismen gewöhnt sein. Schliesslich ist auch die Tiefsee ein permanent dunkler, kalter, nährstoffarmer und hohen Drücken ausgesetzter Lebensraum.

Gefahr der Verschmutzung

Ganz ausgeschlossen ist es also nicht, dass der Wostoksee ein einzigartiges Habitat Jahrmillionen alter mikrobieller Lebensformen darstellt, die vor langer Zeit entstanden sind und seither von lokalen und globalen Einflüssen isoliert waren. Dabei sind nicht nur die lebendigen Formen von Interesse, sondern auch abgestorbene Mikroorganismen, die im Lauf der Zeit auf den Seegrund sanken. Das Leben im See wie auch die im Sediment konservierten Mikroorganismen könnten sich als wahre Fundgrube für die Evolutionsbiologen erweisen.

Doch vielleicht wird sie unerschlossen bleiben. Die Eiskernbohrung von Wostok ruht zurzeit bei 200 Metern über dem Seespiegel. Die Wissenschaftergemeinschaft hat sich darauf geeinigt, ein Eindringen der Bohrung in den See auf alle Fälle zu verhindern, um diesen einzigartigen Lebensraum nicht zu verschmutzen. Wie es mit Wostok weitergeht, ist ungewiss. Es fehlt an Geld für den enormen technischen Aufwand, dem See auf sterile Weise Wasserproben zu entnehmen. Vorläufig können die archaischen Lebewesen in der ewigen Dunkelheit weiterhin ein unbehelligtes Dasein fristen.

Quelle: Nature, Band 381, Seiten 644, 686.

Irdischer Sonnenofen mit ungewisser Zukunft

Offizielle Einweihung der experimentellen Kernfusionsinstallation «Tokamak TCV» an der ETH Lausanne

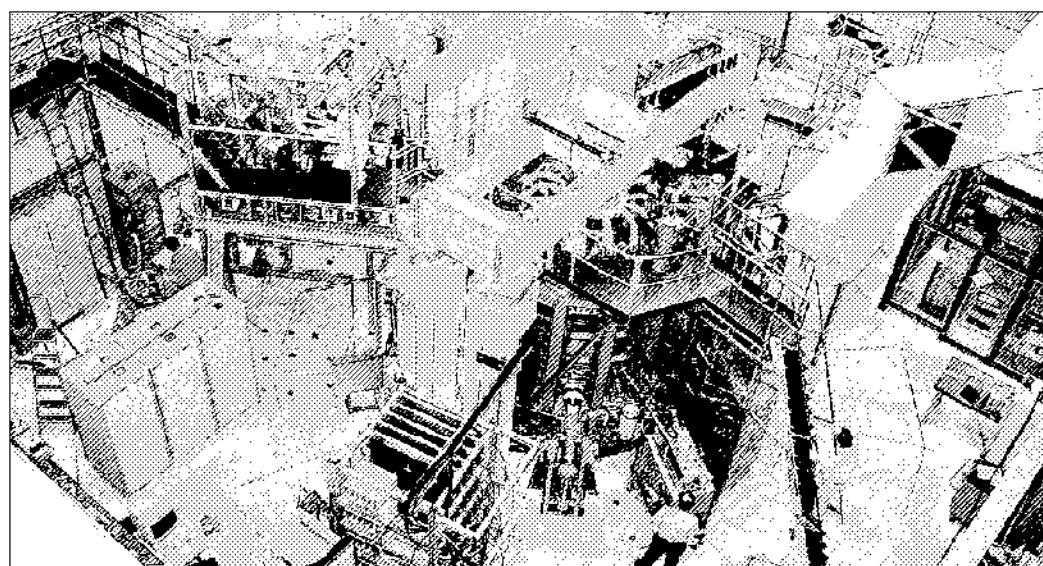
Mit wehevollen Worten wurde am Mittwoch die Tokamak-Anlage der ETH Lausanne gewürdigt. Das täuscht aber nicht darüber hinweg, dass die Kernfusion als Energiequelle nach wie vor im undurchschaubaren Plasmanebel der Zukunft anzusiedeln ist.

■ VON FELIX FRANK

Die endlosen Datenreihen und farbigen Kurven, die über die vielen Bildschirme im Kontrollraum des Zentrums für Plasmaforschung (CRRP) an der ETH Lausanne flimmern, geben nur einen schwachen Eindruck über das Geschehen einen Stock tiefer. Gerade eben war es dort unten, im Inneren eines sogenannten Tokamak, für einen kurzen Moment mehr als zehn Millionen Grad heiss.

Traumziel der Plasmaphysiker

Obwohl die in Lausanne erreichten zehn Millionen Grad jegliche menschliche Dimension sprengen – selbst im Innern der Sonne ist es nur unwesentlich wärmer – haben die Plasmaphysiker in Lausanne und anderswo noch ganz andere Werte im Hinterkopf. Ihre Gedanken drehen sich um Temperaturen von hundert Millionen Grad und mehr. Gelingt es ihnen, einen geeigneten Brennstoff über längere Zeit in diesem höchst exotisch anmutenden Temperaturbereich zu halten, dann ist eine wichtige Voraussetzung für die kommerziell nutzbare Kernfusion geschaffen.



Tokamak-Experimente, wie sie auch in Lausanne durchgeführt werden, zeigen die prinzipielle Machbarkeit der Kernfusion.

BILD ETH LAUSANNE

Diese Traummarke wird allerdings nicht mit einer Apparatur erreicht, wie sie hier in Lausanne betrieben wird, und so wieso nicht in den nächsten Jahren. Wann dieses Ziel erreicht werden kann, bleibt weiterhin Spekulation.

Die bisher durchgeführten Experimente, dazu hat auch das bereits vor 35 Jahren gegründete CRRP beigetragen, zeigen immerhin die prinzipielle Machbarkeit der Kernfusion. Allerdings müssen geeignete Atomkerne in einen Zustand gebracht werden, bei dem sie sich trotz ihrer abstossenden elektrischen Ladung so nahe kommen, dass die Kern-

kräfte wirksam werden und sich die Protonen und Neutronen zu schwereren Helium-Atomkernen vereinigen – und dabei Energie freisetzen.

Kernstück dieser 50 Millionen Franken teuren Anlage, der grössten experimentellen Forschungsinstallation der ETH Lausanne, ist ein ringförmiges Vakuumgefäss, das sich mit einem überdimensionierten Autoreifen vergleichen lässt. Diese aufwendige Konstruktion ist nötig, um einen geeigneten Brennstoff aufzuheizen, damit er in den für Fusionsexperimente nötigen Zustand eines «Plasmas» übergeht.

Die beste Reaktion findet zwischen den Kernen der beiden schweren Wasserstoff-Formen Deuterium und Tritium statt. Auch Reaktionen nur zwischen Deuterium oder zwischen Deuterium und Helium könnten genutzt werden. Sobald die Bewegungsenergie dieser Teilchen hoch genug ist, werden ihre Elektronen herausgeschlagen. Sie bewegen sich nun unabhängig von den – positiv geladenen – Atomrümpfen und üben fortan starke elektromagnetische Kräfte aus.

Doch darin liegt die einzige Chance, Materie bei hohen Temperaturen überhaupt zu kontrollieren. Kein Material

könnte den für Fusionsexperimente nötigen Temperaturen standhalten. Der Ausweg ist, mit Hilfe von Spulen ein magnetisches Gefäss zu bauen, das die elektrisch geladenen Teilchen des heissen Plasmas durch magnetische Kräfte von den Wänden des eigentlichen Gefässes fernhält.

Russischer Ursprung

Daraus erklärt sich auch der Name der Experimentieranlage, wie sie in Lausanne betrieben wird: «Toroidalnaja Kamera Magnimoi Katuschkoj» nannten sie die sowjetischen Forscher, die diese Technik schon in den sechziger Jahren entwickelten, was soviel wie «toroidale (kreisförmige) Kammer in einer Magnetspule» bedeutet.

Beim Tokamak wird ein Teil dieses Magnetfeldes durch das Plasma selbst erzeugt. Nach dem Prinzip des Transformators wird im Plasma ein elektrischer Strom angeregt, der ein ringförmiges Magnetfeld um den kleinen Durchmesser des Plasmaschlauches herum hervorruft. Bewährt hat sich dieses Vorgehen nicht nur in Lausanne, sondern auch beim JET in Culham, beim TFTR in Princeton oder beim ASDEX-Upgrade in Garching bei München.

Obwohl noch andere Kernfusion-Prinzipien getestet werden, halten die meisten Länder der Europäischen Union sowie Japan, Russland und die USA an der Tokamak-Technik fest. Der nächste Schritt wäre der in gemeinsamer Anstrengung realisierte «Internationale Thermonukleare Experimental-Reaktor» (ITER). Ob er allerdings je gebaut wird, ist noch keineswegs gesichert. Die Partner haben sich in der Standortfrage zerstritten.