

Wissenschaft

Reise in die letzte Warmzeit

Forscher wollen aus einer kilometertiefen Eisbohrung in Grönland die Zukunft des Klimas erkennen

VON LILO BERG

Gen-Raps macht sich selbstständig

Forscher finden Eiweißstoffe manipulierter Pflanzen

VON MICHAEL SIMM

Gentechnisch veränderte Rapspflanzen haben sich im US-Bundesstaat Nord-Dakota in der Wildnis breitgemacht, berichten Forscher auf der Jahreskonferenz der US-amerikanischen ökologischen Gesellschaft (ESA). Bei ihren Stichproben hatten die Wissenschaftler um Meredith G. Schafer von der Universität Arkansas 5 400 Kilometer Autobahnen, Bundes- und Landstraßen bereit. In Abständen von jeweils acht Kilometern suchten sie jeweils auf einem Streifen von einem Meter Breite und 50 Meter Länge nach den Gewächsen. Auf mehr als 400 dieser Teststreifen wurden die Forscher fündig und zählten dort bis zu 175 Pflanzen pro Quadratmeter.

In über 85 Prozent aller eingesammelten Pflanzen konnten die Wissenschaftler die Eiweißstoffe CP4 EPSPS und PAT nachweisen. Beide Substanzen kommen in wilden und herkömmlich gezüchteten Rapspflanzen nicht vor. Erst nach einem Gentransfer im Labor entstanden vor Jahren Rapspflanzen, die CP4 EPSPS und PAT bilden und denen folglich die Unkrautvernichtungsmittel Glyphosat oder Glufonisat somit nur noch wenig ausmachen.

Bauern versprechen sich von diesem „Gen-Raps“ höhere Einkommen, weil die Bewirtschaftung der Felder einfacher wird. Gleich doppelt profitieren Firmen wie Monsanto oder Bayer, die nicht nur Glyphosat und Glufonisat verkaufen, sondern auch noch das gentechnisch veränderte Saatgut. Kritiker sehen angesichts dieser Praktiken einerseits die Gefahr einer Monopolisierung der Landwirtschaft, andererseits befürchteten Umweltschützer eine unkontrollierte Ausbreitung Herbizid-resistenter Pflanzen in der Natur.

Reparatur nach Infarkt geglückt

Neue Herzmuskelzellen

Künftig dürfte ein Cocktail aus drei Genen für eine Regenerierung eines geschädigten Herzmuskels sorgen: Ein Forscherteam hat drei Transformationsfaktoren identifiziert, die Bindegewebszellen in Herzmuskelzellen programmieren. Aus den Herzen von Mäusen entnommene Fibroblasten wurden mit den drei Genen behandelt und zurücktransfiziert. Innerhalb von zwei Wochen verwandelten sich die Bindegewebszellen in Herzmuskelzellen. Das Ursprungsmaterial muss aber nicht aus dem Herzen stammen: Die Transformation gelingt auch mit Hautzellen. Die Methodik sei effizienter als die Zellherstellung durch eine Umwandlung von Stammzellen, so die Wissenschaftler um Deepak Srivastava von der University of California in San Francisco im Fachmagazin Cell. (ddp) DOI: 10.1016/j.cell.2010.07.002

Mutiertes Gen löst Angst vor Kaffee aus

Langsame Gewöhnung hilft

Gut, nicht alle Menschen vertrauen Kaffee: Im schlimmsten Fall rast das Herz und Schweiß bricht aus. Aber davor Angst bekommen? Tatsächlich kann des Deutschen liebstes Getränk bei manchen Menschen entsprechende Symptome auslösen. Verantwortlich dafür ist eine kleine Variante im Erbgut. Allerdings: Bei Menschen, die regelmäßig eine mittlere oder hohe Dosis Kaffeein zu sich nehmen, ist der Geneffekt schwächer. Herausgefunden haben das Wissenschaftler der Uni Würzburg unter der Leitung des Psychiaters Jürgen Deckert in Zusammenarbeit mit einer Arbeitsgruppe der Uni Bristol. Über ihre Ergebnisse berichten die Forscher in der Fachzeitschrift Neuropsychopharmacology. (yg.) Neuropsychopharmacology DOI:10.1038/npp.2010.71

Ein letzter Schwung und schon liegt das glänzende Stahlrohr in der Rinne. Gebannt blicken dreißig Augenpaare auf die runde Öffnung. Langsam gleitet ein milchigweißer Eisstab heraus. Knapp zwei Meter ist er lang, zehn Zentimeter dick – und rund hundertvierzigtausend Jahre alt.

Wir stehen tief im grönländischen Eis, sechs Meter unter der Oberfläche, in einem künstlich angelegten Graben. Zweieinhalb Stunden hat die Reise mit dem amerikanischen Militärtransporter von Kangerlussuaq hierher gedauert. Zweieinhalb Stunden Schweigen, weil das Röhren der Triebwerke jedes Gespräch verhinderte. Dann die Landung auf Kufen im neblig-kalten Hochland. Der nächste Siedlung ist Thule Air Base, ein gottverlassener US-Luftstützpunkt wie aus einem Spionageroman.

Draußen braut sich gerade ein Schneesturm zusammen. Im nach oben abgedeckten Bohrgraben ist davon nichts zu spüren. Die dick wattierten Polaranzüge wärmen, künstliches Licht erhellt die Szene. „Vorsicht, nicht berühren“, ruft der Bohrmeister. Die aus großer Tiefe geborgene Eissäule liegt auf dem Tisch. Kostbar und geheimnisvoll wie der Heilige Gral. Ohne Murren weichen die Besucher – Journalisten, Politiker, Forschungsmanager aus ganz Europa und Nordamerika – einen Schritt zurück.

Um den Bohrkern dreht sich in dem grönländischen Forschercamp alles. Von ihm erhoffen sich Paläoklimatologen, die Historiker unter den Klimaforschern, einen tiefen Einblick in die Erdgeschichte – bis hinein in die letzte Warmzeit, die vor 130 000 Jahren begann und vor 115 000 Jahren endete.

Wie warm war es damals, im sogenannten Eem-Zeitalter? Stimmt es, was heutige Schätzungen besagen: Dass nämlich die globale Durchschnittstemperatur zu jener Zeit ein bis zwei Grad Celsius über der heutigen lag und es in Grönland sogar fünf Grad wärmer war als derzeit? War der Meeresspiegel damals wirklich fünf Meter höher? Schmolz der grönländische Eisschild komplett ab – davon gehen heute einige Klimaforscher aus – oder hatte er Bestand? Was löste die anschließende lange Eiszeit aus, die erst 10 000 Jahre vor unserer Zeit endete? Und es stellt sich immer wieder die Frage: Was ist normal an der heutigen Erderwärmung, was geht eindeutig auf den Einfluss des Menschen zurück und bis zu welchen Temperaturen bleibt das Klima gutmütig?

Antworten soll das Neem-Projekt liefern. Die Abkürzung steht für North Greenland Eemian Ice Drilling – mit der Bohrung in Nordgrönland will man also das Eem-Zeitalter erkunden. Damals war der Mensch noch kein Klimafaktor. Heute, in einer neuen Warmzeit, dem Holozän, ist das anders – und deshalb ist der Rückblick so interessant. „Die Eem-Warmzeit gibt uns Hinweise auf die künftige Klimaentwicklung“, sagt Heinrich Miller vom Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, der die deutsche Beteiligung am Projekt koordiniert.

Als die Temperaturen vor 10 000 Jahren milder wurden, konnten die Menschen ihre nomadische Lebensweise aufgeben. In vielen Weltgegenden wurden sie sesshaft und begannen, sich von Ackerbau und Viehzucht zu ernähren. Nach der Agrarrevolution entwickelten sich die Kulturen, die wir heute kennen. Abhängig sind sie aber letztlich alle vom Klimafrieden, den das Holozän bietet. Die bange Frage lautet nun, wie lange der Frieden noch anhält – und inwiefern der Mensch ihn mit einer Lebensweise gefährdet, die er letztlich dem freundlichen Klima zu verdanken hat.

Aber das sind Probleme, die man am besten im Warmen bei einer Tasse Kaffee diskutiert. Hier unten im Bohrgraben geht es um praktischere Dinge. Es kann nicht mehr weit bis zum Grund sein, das besagen die letzten Radarmessungen. Auf 2 450 Meter hatten Spezialisten aus den USA die Eisdicke zu Beginn der Bohrung geschätzt. Aber noch bringt der dieselgetriebene Bohrer weder Schlamm noch Gestein hoch. „Seit zwei Jahren bohren wir, heute wollten wir eigentlich die letzten zwanzig Meter überwinden und das Felsbett erreichen“, sagt Dorte Dahl-Jensen, die Camp-Leiterin und Pro-



AWI/SEPP KIPFSTUHL

Ein Dünnschnitt zeigt die im Eis eingelagerten Gasbläschen.



AWI/SEPP KIPFSTUHL

Im Eislabor auf Grönland werden die Bohrkern für die chemische Analyse zurechtgeschnitten und präpariert.

Wissen aus dem Eis

Beim Neem-Projekt versuchen Wissenschaftler, 140 000 Jahre altes Eis aus dem grönländischen Eisschild zu bergen. Aus dem Bohrkern wollen sie ablesen, wie das Klima der letzten Warmzeit war. Daraus könnten sich Hinweise auf die Entwicklung der jetzigen Warmzeit ergeben.

Neem steht für North Greenland Eemian Ice Core Drilling. Das Projekt begann 2007 und endet 2011. Nach dem Aufbau eines Forschercamps begann die Bohrung im vergangenen Jahr und erreichte kürzlich in einer Tiefe von knapp 2 540 Metern den felsigen Untergrund. Im kommenden Jahr sind zusätzliche Bohrungen geplant.

Insgesamt 300 Wissenschaftler arbeiten an dem Projekt mit. Sie kommen aus 14 Ländern und 26 Forschungs-

instituten. Die Leitung des Vorhabens haben dänische Forscher von der Universität Kopenhagen übernommen. Das deutsche Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung leistet einen wichtigen Beitrag.

Die Eisbohrkerne bestehen aus vielen Schichten Schnee, die Jahr für Jahr tiefer gesunken sind. Sie enthalten Luftbläschen und kleine Partikel, aus denen Forscher das Klima vergangener Zeiten rekonstruieren können.

Aus arktischen Eisproben lassen sich genauere Informationen gewinnen als aus den antarktischen, dafür reichen die Bohrkern vom Südpol tiefer in die Vergangenheit hinab. Grund ist der höhere Niederschlag in der Nordpolregion: Die Jahresschichten sind deshalb dicker und leichter zu analysieren.

fessorin an der Universität Kopenhagen. Aber das klappt an diesem Tag nicht mehr, und auch an den nächsten Tagen geht es nur langsam voran. Im Eisgraben ist man vorsichtig: Zu groß ist die Gefahr, dass der Bohrer stecken bleibt. Es vergeht noch eine Woche, bis die Erfolgsmeldung kommt: „Bei 2537,36 Meter auf Felsbett gestoßen – Bohrung erfolgreich – Projektziel erreicht.“

Tanzen zu Abba-Musik

„Zur Feier des Tages haben wir ein Gläschen Sekt im Bohrgraben getrunken“, berichtet Fernando Valero, der normalerweise in Bremerhaven am AWI arbeitet. Dorte Dahl-Jensen und der Camp-Arzt haben bei dem kleinen Fest nur an ihrem Glas genippt – sie müssen immer nüchtern sein, so wollen es die Regeln. Richtig gefeiert wurde am Samstagabend im schwarzbespannten, hölzernen Haupt-Iglu. Wie immer zu solchen Festen machten sich alle schick und es wurde getanzt – seit dreißig Jahren auf Abba-Musik. Auf der Tanzfläche sieht man dann gelegentlich auch einen der Pioniere des Fachs. Sie halten bis

heute Kontakt zur kleinen Schar von weltweit nicht mehr als zweihundert Eiskerntiefbohrern.

Die Alten können sich noch gut an die Anfänge in Grönland erinnern, etwa an das amerikanische Camp Century, mit dem die Klimaforschung in der Arktis 1964 begann. In dichtem Takt folgten weitere Bohrungen – am Nordpol ebenso wie am Südpol. Es gab Tiefenrekorde wie in der Antarktis, als sich in einem Kern 800 000 Jahre altes Eis fand. Solche Kerne liefern einen groben Überblick über die Erdzeitalter. Von ihnen weiß man zum Beispiel, dass Eis- und Warmzeiten früher viel schneller aufeinander folgten. Mithilfe des Südpol-Eises haben Forscher auch rekonstruiert, wie lange die letzte Warmzeit währte. Genauere Informationen aber lassen sich meist besser aus dem arktischen Eis gewinnen (siehe Kasten). Eine bahnbrechende und mittlerweile vielfach bestätigte Entdeckung war zum Beispiel, dass das Klima sich in Eiszeiten binnen kurzem extrem verändern kann: Nachgewiesen sind Temperatursprünge in Grönland von 14 Grad Celsius in nur 25 Jahren.



NEEM/SUNE OLANDER RASMUSSEN

Gesichert: Bohrkern im Regal.

setzt und man registriert, wie gut die einzelnen Schichten den Strom leiten. Es gilt die Regel: Je leitfähiger das Eis, desto wärmer war die Atmosphäre zum Zeitpunkt des Gefrierens. Ist die Leitfähigkeit herabgesetzt, dann hat das mit eingelagerten Staubpartikeln und anderen Spurenstoffen zu tun. Herangeweht wurden sie durch starke Winde, wie sie für Kaltzeiten typisch sind.

„Manchmal deuten die Schmutzpartikel aber auch auf Waldbrände oder Vulkanausbrüche hin“, sagt Thomas Laepple, ein junger AWI-Wissenschaftler, der einige Wochen im Neem-Camp geforscht hat. „Wir reichen die Eisprobe dann an Kollegen zur näheren Untersuchung weiter.“ Dafür muss der bis dahin unzerstörte Kern geteilt werden, zuerst in drei horizontale Lagen, später in immer kleinere Stücke. Laepple: „Alles wird verwertet, sogar die Eisspäne, die am Bohrer kleben, wenn er aus der Tiefe kommt – und wenn das Eis schließlich schmilzt, gibt es mit Sicherheit einen Kollegen, der das Wasser noch für seine Forschung gebrauchen kann.“

Im Forschungsgraben des Neem-Camps – er befindet sich gleich neben der Bohrung – ist in diesen Tagen viel los. In den kleinen Arbeitsbuchten sitzen Studenten, Jungforscher und reifere Jahrgänge in Polaranzügen zwischen blinkenden Apparaten und untersuchen die eisige Beute. Vieles von dem, was früher erst im heimischen Institut untersucht werden konnte, lässt sich heute bereits vor Ort analysieren – moderne Gerätetechnik macht's möglich.

Verräterische Isotope

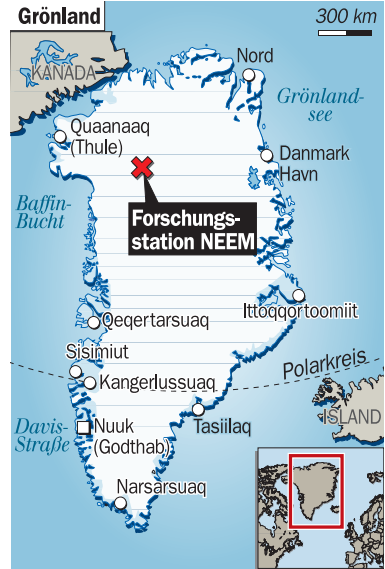
Für die chemische Untersuchung nutzt man zum Beispiel die im Eis und in winzigen Luftbläschen eingeschlossenen Spurenstoffe- und gasen. Sie enthalten eine Vielzahl von Substanzen, zum Beispiel Schwefelverbindungen, wie sie bei Vulkanausbrüchen freigesetzt werden. Ein besonders hoher Gehalt innerhalb einer einzelnen Eisschicht deutet mit großer Wahrscheinlichkeit auf eine Eruption in jenem Jahr hin. Auch die Konzentration der Treibhausgase Kohlendioxid und Methan lässt sich mit hochempfindlicher Lasertechnik aus den Luftbläschen herauslesen.

Wertvolle Informationen liefert auch die Isotopenanalyse – etwa über die Lufttemperatur: Genutzt wird dabei die Tatsache, dass es schweren und leichteren Sauerstoff in den Wassermolekülen gibt, je nach Anzahl der Neutronen in den Atomkernen. Ihr Verhältnis liefert ein Maß für die Temperatur während des Schneefalls. Wenn sich mehr leichter Sauerstoff im Eis findet, dann war es bei seiner Entstehung besonders kalt – und umgekehrt.

Die Isotopenanalyse lässt erstaunliche Schlüsse zu. Man weiß zum Beispiel, dass Eruptionen auf der Sonne das Erdklima enorm beeinflussen. Je nach Stärke der Sonnenaktivität bildet sich in der Luft mehr oder weniger von dem Isotop Beryllium-10. Im Grönlandeis berichtet es über die Geschichte der Sonne. Edelgase wie Xenon und Argon geben Auskunft über die globale Ozeantemperatur. Und das schwere Wasserstoffisotop Deuterium sagt, bei welcher Temperatur die Wassermoleküle verdunsteten, die sich nun im Eis befinden.

Paläoklimatologen sind bedächtige Menschen. Auch sie warnen vor dem Experiment, das wir derzeit mit dem Klima machen, auch sie fordern ein Umsteuern. Dabei haben sie jedoch immer die Erdgeschichte als Ganzes im Blick, die langen Zyklen des Klimas und sie warnen vor Übertreibungen. Wenn alle Welt von einem drohenden Meeresspiegelanstieg um viele Meter redet, dann weisen Paläoklimatologen darauf hin, dass die Zunahme auch geringer ausfallen könnte und dass bis dahin noch viele tausend Jahre vergehen – der Mensch also Zeit zur Anpassung hat.

Selbst im warmen Eem, so ihre These, ist das Grönlandeis nicht ganz geschmolzen, auch wenn viele Klimaforscher das für die Zukunft vermuten. Entsprechend drastisch fallen deren Zukunftsprognosen aus. Wird das Neem-Projekt eine gelasseneren Sicht der Klimazukunft erlauben? Oder müssen wir künftig mit den aus Eiszeiten bekannten Klimasprüngen rechnen? Antworten darauf soll es im nächsten Jahr geben – vorausgesetzt der Eiskern aus Grönland ist intakt.



ISABELLA GALANTY; QUELLE: AWI