

Was das Eis erzählt

Secrets of the Ice

TEXT
Gunther Willinger

Von der Analyse einzelner Eiskristalle bis zum Fluss gigantischer Eismassen: Mit Bohrungen in bis zu 2.600 Metern Tiefe entlocken Forscher dem Eisschild Grönlands seine Geschichte. Ihre Erkenntnisse lassen genauere Vorhersagen über den Anstieg des Meeresspiegels zu.

// From the analysis of individual ice crystals to the flow of gigantic ice masses: Researchers are drilling down to depths of up to 2,600 meters to elicit Greenland's history from the ice sheet. Their findings allow more accurate predictions on sea-level rise.

East Greenland Ice-Core Project (EastGRIP)

Ziel Objective

Der Eisplatte „Northeast Greenland Ice Stream (NEGIS)“ auf Grönland wird ein Bohrkern in bis zu 2.600 Metern Tiefe entnommen – dieser soll Aufschluss über Struktur und Eisfluss geben und wie diese Eismassen zum Anstieg des Meeresspiegels beitragen. // Extracting an ice core from the “Northeast Greenland Ice Stream (NEGIS)” on Greenland by drilling at depths of up to 2,600 meters to provide information about structure and ice flow and how ice masses contribute to the rise in sea level.

Partner Partners

Forschungsteams aus 12 Ländern unter Federführung von Professorin Dorthe Dahl-Jensen vom dänischen „Centre for Ice and Climate“. // Research teams from 12 countries led by Professor Dorthe Dahl-Jensen from the Danish “Centre for Ice and Climate”.

Budget

Rund neun Millionen Euro jährlich von 2016 bis 2020. // Around nine million euros annually from 2016 to 2020.

Team

Zu dem 17-köpfigen deutschen Team im Camp 2018 gehörten die Tübinger Ilka Weikusat (Universität Tübingen und Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, AWI, Bremerhaven), Daniela Jansen, Jan Eichler, Sonja Wahl, Nico Stoll, Julien Westhoff.

// The 17 members of the German team at Camp 2018 included the Tübingen scientists Ilka Weikusat (University of Tübingen and Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research (AWI) Bremerhaven), Daniela Jansen, Jan Eichler, Sonja Wahl, Nico Stoll and Julien Westhoff.

Tübinger Kooperationspartner

Interdisciplinary collaboration

Geowissenschaftler Professor Paul Bons, Till Sachau und Tamara de Riese modellieren aus den Daten komplexe Computermodelle der Eisschichten.

// Tübingen Geoscientists Professor Paul Bons, Till Sachau and Tamara de Riese use the data for complex computer models that simulate the behaviour of the ice layers.

Infos / Webcam

eastgrip.org/
alice.egrip.camp/

Blog des AWI

blogs.helmholtz.de/eisblog/category/groenland/eastgrip/



01



02

> deutsch

// „Den härtesten Job im Camp hat der Koch. Schmeckt das Essen nach einem zwölfstündigen Arbeitstag im Eis nicht, ist die Stimmung schnell im Keller“, berichtet Ilka Weikusat vom Alltag im Arktiscamp. Das Camp des „Greenland Ice-Core Project“ (EastGRIP) liegt im Nordosten Grönlands, etwa 400 Kilometer von der Ostküste entfernt. Bis zum internationalen Flughafen in Kangerlussuaq sind es 1.200 Kilometer.

Rote Tunnelzelte, gruppiert um die schwarze Kuppel des Hauptgebäudes, verlieren sich im arktischen Weiß. Zwischen zehn und vierzig Frauen und Männer arbeiten hier von April bis August als Forscher, Mechaniker, Schreiner, Köche und Ärzte. Sie teilen sich eine Dusche, schlafen in Stockbetten, müssen für die Wasserversorgung Schnee schmelzen und in der Küche helfen. Die Energie kommt von Solarpaneelen und einem Diesel-Generator. Alle paar Wochen landet eine dickbäuchige Propellermaschine auf dem Eis, bringt Nachschub und ermöglicht Schichtwechsel.

Ilka Weikusat, Junior-Professorin für Glaziologie an der Universität Tübingen und Nachwuchsgruppenleiterin am Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) in Bremerhaven, hat dieses Jahr vier Wochen hier verbracht. Außer Eis, Schnee und Himmel gibt es da nicht viel zu sehen. Die Temperaturen liegen zwischen minus 40 °C und dem Gefrierpunkt. Wieso verschlägt es ein Forschungsteam an diesen unwirtlichen, einsamen Ort?



03



04

„Das Eis kann Geschichten erzählen“, sagt Weikusat. Aus Zeiten, als noch Neandertaler durch Mitteleuropa streiften und Jäger und Sammler in Höhlen lebten. Glaziologen, wie sich die Eisforscher nennen, entschlüsseln die Zeichen im Eis wie Altertumsforscher die Hieroglyphen der alten Ägypter. Und dafür müssen sie tief bohren. Grönlands Eispanzer ist an seiner mächtigsten Stelle über 3.000 Meter dick.

Das Eis ganz unten ist mancherorts über 120.000 Jahre alt. Damals, zum Ende der Eem-Warmzeit, legte sich Schnee wie eine Decke über die Insel. Während der nächsten 100.000 Jahre der letzten Kaltzeit, als Mammuts, Wollnashörner und Höhlenlöwen Mitteleuropa bevölkerten, lagerten sich immer neue Schichten darüber, und mit jeder weiteren stieg der Druck auf die Eiskristalle. Sie sackten zusammen und veränderten Form und Ausrichtung. Luftblasen wurden im Eis eingeschlossen und manchmal auch Asche von Vulkanausbrüchen. In den Blasen findet sich antike Atmosphäre, die Rückschlüsse auf das damalige Klima erlaubt.

→

01 Der Polarflieger bringt neue Vorräte.
// The Polar Aircraft brings new supplies.

02 Außer Eis, Schnee und Himmel gibt es nicht viel zu sehen. // There is not much to see but ice, snow and sky.

03 Geräumige Tunnel im Eis dienen als Eislabor und Bohrgrube.
// Spacious tunnels in the ice serve as an ice laboratory and drilling pit.

04 Dr. Ilka Weikusat
Photos: AWI/EastGRIP

Schicht um Schicht in die Tiefe

Im ersten Campsommer 2016 wurden mit Fräsen, Kettensägen und Pistenraupen geräumige Tunnel, sog. Trenches, ins Eis gegraben, die nun als Eislabor und Bohrgrube dienen. Während die Oberflächentemperatur schwankt, herrschen hier relativ konstante -20 bis -15 °C. Das ist wichtig, wenn der Eisbohrer seine kostbare Fracht aus der Tiefe holt, damit der Bohrkern unter konstanten Bedingungen geborgen werden kann.

Der Bohrer besteht aus ineinander verschachtelten Stahlrohren mit einem Bohrkopf und wird über ein kilometerlanges Kabel gesteuert. Je nach Beschaffenheit des Eises schafft das Team bis zu zwanzig Meter pro Tag. „Gerade in Bereichen mit stark zusammengedrückten Luft einschüssen ist es wichtig, behutsam vorzugehen“, sagt Weikusat. Fräsen sich die Stahlmesser durch dieses spröde Eis, können schnell Brüche im Bohrkern entstehen. Dann droht eine Verunreinigung der wertvollen Atmosphäre und anderer Spurenstoffe, die in Luftblasen über Jahrtausende konserviert waren.

Im ersten Jahr der tiefen Eisbohrung war man bis in 400 Meter Tiefe vorgedrungen, zu 3.000 bis 4.000 Jahre altem Eis. Ende Juni 2018 erreichten die Bohrteams bei einer Tiefe von 1.300 Metern die Anfänge des Holozäns, unserer gegenwärtigen Warmzeit, die vor rund 12.000 Jahren begann. Ziel ist es, den an dieser Stelle 2.600 Meter dicken Eisschild ganz zu durchbohren.

Hat die Bohrmannschaft die bis zu vier Meter langen und zehn Zentimeter dicken Bohrkern nach oben bugsiert, übernimmt das Verarbeitungsteam. Die Eissäule wird in handliche 55-Zentimeter-Stücke zersägt, die elektrischen Eigenschaften gemessen und das Eis mit der Dunkelfeldmethode fotografiert, um die Jahresschichten sichtbar zu machen. Das Team fertigt hauchdünne Schnitte an, in denen polarisiertes Licht die Ausrichtung der einzelnen Eiskristalle sichtbar macht. Schließlich werden die Kernabschnitte sauberlich beschriftet und für den Heimweg verpackt. Zu Hause werden sie weiter zersägt und weltweit Untersuchungen unterzogen – so entsteht ein Datenstrom aus dem Polareis.



05

Gigantischer Eispudding

Aber es geht nicht nur um die Rekonstruktion klimatischer Bedingungen, sondern auch darum, das Eis besser zu verstehen: innere Struktur, das Verhalten bei Druck von oben oder von der Seite und die Bewegung des gesamten Eispanzers in Richtung Meer. „Wir wollen herausfinden, warum sich das Eis hier so schnell in Richtung Küste bewegt“, erläutert Weikusat. Das Bohrcamp befindet sich auf einem riesigen Eisstrom, dem „Northeast Greenland Ice Stream“ (NEGIS), auf Milliarden Tonnen Eis, die auf dem felsigen Kontinentalsockel 60 Meter pro Jahr in Richtung Meer rutschen, angetrieben vom eigenen Gewicht – wie ein riesiger, kalter Pudding, der über einen warmen Teller gleitet.

„Über die Felsenbasis, also den Teller, wissen wir nicht viel. Aber wir können den Pudding untersuchen“, erläutert die Glaziologin. „Wir wollen wissen, wie er beschaffen ist, um zu verstehen, wie er sich über den Tellerrand ins Meer schiebt.“ Im Gegensatz zu Pudding ist Eis kristallin und der Eisfluss wird durch die Mikrostruktur der Kristalle beeinflusst. In verschiedenen Schichten variieren diese stark in Ausrichtung, Größe und Form, und es gilt herauszufinden, woran das liegt. Neue Erkenntnisse über Struktur, Verformung und Bewegung der Eisschichten fließen dann in Modelle ein, mit denen sich zum Beispiel der Anstieg des Meeresspiegels genauer vorhersagen lässt.

Während Weikusat den Details im Eis nachspürt, begibt sich ihre Kollegin Daniela Jansen, ebenfalls Tübinger Lehrbeauftragte und Glaziologin am AWI in Bremerhaven, über Grönland in die Luft. Sie nutzt ein Flugradar, dessen Radarwellen das Eis großflächig durchdringen und je nach Echo Rückschlüsse auf Eisschichten erlauben. In Kombination mit Fließgeschwindigkeiten aus Satellitendaten lässt sich so eine 3D-Rekonstruktion der Eismassen erstellen.

Die neuen Erkenntnisse zu Eisstruktur, Fließgeschwindigkeit und Auffaltung werden zusammen mit dem Tübinger Professor für Strukturgeologie Paul Bons ausgewertet. Bons' Arbeitsgruppe in Tübingen gilt als weltweit führend bei der Modellie-



06

rung geologischer, durch Fließbewegungen verursachter Strukturen. Mit komplexen Computermodellen berechnet sie die Bewegungen von Gesteinsschichten, Magma- oder eben Eisströmen. Erste Ergebnisse legen nahe, dass der „Eispudding“ weicher ist als gedacht, was aber noch nicht bedeutet, dass er auch schneller abschmilzt.

Wie wird man Glaziologin?

„Die wissenschaftliche Zusammenarbeit zwischen Bremerhaven und Tübingen ist für mich eine Win-win-Situation“, sagt Weikusat. Bevor sie Eisforscherin wurde, studierte sie Geologie in Mainz. Seit Mai 2013 ist sie Juniorprofessorin für Glaziologie in Tübingen. Zusammen mit Daniela Jansen und Kolleginnen und Kollegen am AWI baute sie hier einen Blockkurs für Glaziologie auf. Studierende befassen sich in Vorlesungen und Übungen mit Eis als Material, mit Eiskernen sowie mit Gletschern und ihrer Entwicklung auf der Erdoberfläche.

Die Glaziologie ist international wie auch interdisziplinär: Geologen, Geografen, Ozeanografen, Meteorologen, Hydrologen und Biologen aus aller Welt erforschen das Eis. Auch im EastGRIP-Camp arbeiten Menschen aus mehr als zwölf Ländern eng zusammen. Nach langen Tagen im Labor bringen sie manchmal mit Eisfußball oder Wanderungen auf Langlaufskiern Abwechslung in den Alltag. Besonders aber schätzt Weikusat die fruchtbaren Diskussionen, die sich im Camp ergeben: „Es ist eine Ausnahmesituation im Eis, und die kann sehr inspirierend wirken“, sagt sie. Und freut sich schon auf den nächsten Polarsommer. _____//



07



08

> english

// _____ “The cook has the toughest job in camp. If the food doesn't taste good after a twelve-hour shift in the ice, the mood quickly dampens”, reports Ilka Weikusat on living at the Arctic camp. The Greenland Ice Core Project (EastGRIP) camp is located in northeast Greenland, about 400 kilometers from the east coast. The international airport in Kangerlussuaq is 1,200 kilometers away. Between ten and forty men and women work here as researchers, mechanics, carpenters, cooks and doctors from April to August.

Ilka Weikusat, Junior Professor for Glaciology at the University of Tübingen and young investigators group leader at the Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research (AWI) in Bremerhaven, spent four weeks here this year. There's not much to see around the camp but ice, snow and sky. The temperatures are between minus 40 °C and freezing point. Why would a team of researchers choose to work in such an inhospitable, lonely place? →

05 Professor Dr. Paul Bons

Photo: Friedhelm Albrecht

06 Sonja Wahl misst stabile Wasserisotope, aus denen die Temperatur zum Zeitpunkt des Schneefalls rekonstruiert wird. // Sonja Wahl measures stable water isotopes from which the temperature at the time of the snowfall is reconstructed.

Photo: Nico Stoll/AWI/EastGRIP

07 Der Bohrkern wird bearbeitet ...

// The ice core is prepared ...

08 ... und in handliche Stücke zersägt.

// ... and sawn into handy pieces.

Photo: Nico Stoll/AWI/EastGRIP

The deepest ice in Greenland is over 120,000 years old in some places. At that time – the end of the Eemian Interglacial – snow covered the island like a blanket. During the next 100,000 years, when mammoths, woolly rhinos and cave lions populated Central Europe, more and more layers were deposited, and with each further layer the pressure on the ice crystals increased. As the ice crystals became compressed, they changed their form and direction. Air bubbles and sometimes ashes from volcanic eruptions became trapped in the ice. Such bubbles contain ancient atmosphere that allows conclusions to be drawn about the climate at the time. To uncover these secrets, glaciologists have to drill deep, as Greenland's ice sheet is over 3,000 meters at its thickest point.



Layer by layer
into the depths

In the camp's first summer of 2016, using chainsaws, snow groomers and snowploughs, researchers dug spacious tunnels, or trenches, into the ice that now serve as an ice laboratory and drilling pit. Even though surface temperatures fluctuate, a relatively constant -20 to -15 °C prevails here. This is important to keep the ice core at constant conditions when the ice drill extracts its precious cargo from the depths.

The drill consists of nested steel tubes with a drill head and is controlled by a kilometer-long cable. Depending on the physical properties of the ice, the team can get through up to twenty meters per day. Care has to be taken, because if the steel teeth cut through brittle ice, the ice core can easily break with a risk of contaminating the valuable air that is trapped in the ice for thousands of years.

In the first year, drilling reached a depth of 400 meters where the ice is 3,000 to 4,000 years old. At the end of June 2018, at a depth of 1,300 meters, the drilling teams reached the beginnings of the Holocene, our current inter-

09 Das Eis wird für weitere Untersuchungen in hauchdünne Scheiben geschnitten.
// The ice is cut into wafer-thin slices for further analysis.
Photo: Ilka Weikusat/AWI/EastGRIP

10 Forschung bei bis zu -40 Grad Celsius
// Research at down to -40 degrees Celsius
Photo: AWI/EastGRIP

11 Die einzelnen Eisschichten im Dunkelfeld dargestellt.
// The individual ice layers shown by dark field microscopy.
Photo: Julien Westhoff/AWI/EastGRIP

glacial period, which began around 12,000 years ago. Future drilling efforts aim to reach the base of the 2,600 meter thick ice sheet at this point.

Once the drilling team has extracted the up to four meters long and ten centimeters thick ice cores, the processing team takes over. The ice core is sawn into handy 55 centimeter long pieces, the electrical properties are measured and the ice is photographed using dark field microscopy to make the annual layers visible. In this process they also cut wafer-thin sections and use polarized light to make the structure of the individual ice crystals visible. Finally, the ice core sections are neatly labeled and packed for the journey home. Once the samples arrive at their destination, they are cut into smaller samples and investigated by researchers from around the world, creating a data flow from the polar ice stream.

Gigantic
ice pudding

Beyond reconstructing climatic conditions, scientists also want to better understand the ice including its internal structure, behaviour under pressure and the movement of the entire ice sheet towards the sea. "We want to find out why the ice here is moving so quickly towards the coast", Weikusat explains. The drilling camp is located on a huge ice stream, the "Northeast



Greenland Ice Stream" (NEGIS), on billions of tons of ice sliding 60 meters per year on the rocky continent towards the sea, driven by its own weight – like a huge, cold pudding gliding over a warm plate.

"We don't know much about the rock base, the plate, but we can examine the pudding", explains Weikusat. "We want to know how the ice is structured to understand how it is sliding over the edge towards the sea." Unlike pudding, ice is crystalline and ice flow is influenced by the microstructure of the crystals. In different layers, these vary greatly in alignment, size and shape, and it is important to find out why. New insights into the structure, deformation and movement of the ice layers are then incorporated into models that can be used, for example, to more accurately predict the rise in sea level.

While Weikusat traces the details in the ice, her colleague Daniela Jansen, also a Tübingen lecturer and glaciologist at the AWI in Bremerhaven, takes to the air over Greenland. She uses airborne radar to penetrate the ice over a large area and is able to draw conclusions about the ice layers from the reflection of the radar waves. In combination with flow velocities from satellite data, the researchers can create a 3D reconstruction of the ice masses.

The new findings on ice structure, flow velocity and folding are analyzed by Paul Bons, Professor for Structural Geology at the University of Tübingen. Bons's research group in Tübingen is regarded as the world leader in the modeling of geological structures caused by flow movements. Using complex computer models, the group calculates the movements of rock layers, magma or ice flows. Initial results suggest that the "ice pudding" is softer than expected, but this does not mean that it also melts faster. _____//

