

WASSERMASSEN

Im kurzen grönländischen Sommer verwandeln sich schneebedeckte Landschaften in grün-braune Tundra – und Schmelzwasser stürzt ins Tal

TAUWETTER AUF DER DISKOINSEL

Die Permafrostböden der Arktis gelten als tickende Zeitbombe: Riesige Mengen Kohlenstoff lagern darin. Doch die Gefriertruhe des Planeten beginnt abzutauen – das könnte die Erderhitzung weiter beschleunigen. Forschende aus Deutschland untersuchen in Grönland, wie Methan aus dem Boden in die Atmosphäre tritt

Text und Fotos Tim Kalvelage

Der Fluss, der sonst gemächlich an Qeqertarsuaq vorbeifließt, hat sich in den letzten Tagen in einen wilden Strom verwandelt. Schäumend rauscht das Schmelzwasser von den Berghängen ins Tal, tost am Ortsrand unter einer Fußgängerbrücke hindurch und mündet unten am Sportplatz, wo auf Kunstrasen die Dorfjugend kickt, in die Diskobucht. Trübes Braun mischt sich in die blauen Fluten des Nordatlantiks, vor der Küste treiben mächtige Eisberge.

Eine Gruppe Forschender in Gummistiefeln und Outdoorbekleidung überquert die Brücke, lässt das Fischerdorf an der Südspitze der Diskoinsel hinter sich und

stapft in die baumlose Tundra. Zum Teil liegt die Landschaft noch unter einer Schneedecke, dabei ist es schon Anfang Juli. Eine Stunde Fußmarsch ist es ins Untersuchungsgebiet, ein matschiger, zunächst ansteigender Weg. In der Ferne ragen rötliche Basaltfelsen empor. „Letzte Woche kamen wir hier nur mit Schneeschuhen rauf“, sagt Christian Knoblauch, Biogeochemiker von der Universität Hamburg. Nach einem warmen, regenreichen Winter hatte es in Westgrönland im Mai 2023 tiefen Frost und heftige Schneefälle gegeben. Nun herrscht Tauwetter auf der Diskoinsel, deren kurioser Name ungeklärten Ursprungs ist.



KERNIGE ARBEIT

Mit einem Kernbohrer ziehen Christian Knoblauch und Carolina Voigt von der Universität Hamburg eine Probe aus dem moorigen Boden

Bald erreicht der Trupp eine rote Berghütte der Arktisstation in Qeqertarsuaq, einem Außenposten der Universität Kopenhagen. Hier lagert sein wichtigstes Werkzeug: der Kernbohrer. Knoblauch klemmt sich die schwere Hohlschraube unter den Arm, seine Kollegin Susanne Liebner vom Geoforschungszentrum (GFZ) in Potsdam schleppt den Benzinmotor zu einem See am Ende eines Gletschertals. Im Blæsedalen, dem „Tal der Winde“, treibt eine steife Brise Regenwolken vom Meer heran. Die Forschenden waten durch einen Bach. Zwergwüchsige Weiden kauern am Boden, dazwischen liegt ein dicker Teppich aus Moosen und Flechten. Bei jedem Schritt quillt Wasser aus dem schwammartigen Untergrund.

Weil der Schnee das Erdreich in diesem Jahr so lange vor der Sonne geschützt hat, ist es erst bis in wenige Zentimeter Tiefe aufgetaut. „Am Ende des Sommers wird es ein halber, vielleicht ein Meter sein“, sagt Umweltmikrobiologin Liebner. Mit einem Messer befreit sie eine Stelle von der Vegetation, ihr Kollege setzt den Bohrer auf. Ein kräftiger Zug am Startseil des Motors, ein Knattern wie von einem Rasenmäher, dann schraubt sich die Bohrhülse vibrierend in den gefrorenen Untergrund. Mit seinem ganzen Gewicht stemmt sich Knoblauch auf das sperrige Gerät. Als es bis zum Anschlag im Boden steckt und er den Motor ausschaltet, liegt wieder Stille über der Landschaft. Nur der Wind und ein fernes Rauschen vom Fluss sind zu hören.

Gemeinsam wuchten die beiden das Gerät aus dem Bohrloch und legen den Bodenkern, knapp einen Meter lang, auf ein Holzbrett. Die obersten Zentimeter der kostbaren Probe sind dunkel, Wurzeln sind darin zu erkennen. „Das ist Torf“, erklärt Liebner, „unvollständig zersetztes Pflanzenmaterial.“ Darunter folgt eine hellere, von weißen Eisadern durchzogene Schicht. Das Bohrloch füllt sich rasch mit Bodenwasser, aus dem Gasbläschen perlen: „Methan“, sagt Knoblauch.

Methan – ein schlichtes Wort, das in Zeiten der Erderhitzung einen bedrohlichen Beiklang hat. Denn das Treibhausgas wirkt dreißigmal stärker als Kohlendioxid. Im Sommer 2023 ist ein zehnköpfiges Team



ARKTISCHES PANORAMA

Das Blæsedalen, ein Hochtal auf Grönlands größter Nebeninsel Disko, bietet im Sommer eine atemberaubende Kulisse für die Forschungsarbeiten des Teams aus Deutschland

mehrerer deutscher Forschungsinstitute auf die Diskoinsel an der Westküste von Grönland gereist, um zu klären, wie das Tauen des Permafrosts die Kohlenstoffbilanz der Arktis verändert. Jahrtausendlang haben die arktischen Landgebiete der Atmosphäre Kohlenstoff entzogen. Nun, fürchten Forschende, könnte die extreme Erwärmung der nördlichen Polarregion diese positive Bilanz kippen lassen und den Klimawandel zusätzlich befeuern. Wie groß die Gefahr ist und wie viel Treibhausgas bereits heute aus dem tauenden Untergrund entweicht, gehört zu den großen Unbekannten der Klimaforschung.

Noch sind 15 Prozent der Kontinente von Permafrost bedeckt, von dauerhaft gefrorenen Böden also, die im Sommer allenfalls oberflächlich auftauen. Man findet sie in den Polargebieten und in

Hochgebirgen wie dem Himalaya. Die bedeutendsten Vorkommen liegen in Alaska, Nordkanada und vor allem in Sibirien, wo stellenweise noch Hunderte Meter unter der Erde Minusgrade herrschen. Permafrostböden speichern einen Großteil des weltweit in Landökosystemen gebundenen Kohlenstoffs. In den Eiszeiten der jüngeren Erdgeschichte haben sich dort Überreste von Pflanzen und Tieren angesammelt, wurden tiefgefroren und für Jahrtausende konserviert.

Das Werk der Mikroben

Durch das massenhafte Verfeuern von Kohle, Öl und Gas hat der Mensch der riesigen Kühltruhe gewissermaßen den Stecker gezogen. In den vergangenen dreißig Jahren wurden die Permafrostböden

regional um zwei bis drei Grad wärmer, sie tauen heute im kurzen arktischen Sommer länger und deutlich tiefer auf als zuvor, in manchen Gegenden wandert die Permafrostgrenze pro Jahrzehnt um gut 25 Kilometer nordwärts. Um mindestens ein Fünftel, schlimmstenfalls um die Hälfte werde die weltweite Permafrostfläche bei einer Erderhitzung um 1,5 bis zwei Grad schrumpfen, warnt der Weltklimarat.

Wenn Böden in großem Stil zur Quelle von Treibhausgasen werden, sind winzige Lebewesen am Werk. Für Bodenmikroben öffnet sich mit dem Auftauen ein gewaltiger Speicher energiereichen organischen Materials, das sie nun zersetzen können. Abhängig vom Sauerstoffgehalt werde dabei Methan oder Kohlendioxid frei, sagt Susanne Liebner. „Mikroorganismen, die Methan produzieren, mögen keinen



MESSBOJE
Wissenschaftler Michael Thayne aus Potsdam untersucht, wie viel Kohlendioxid und Methan von der Oberfläche eines Sees in die Atmosphäre gelangen

Sauerstoff und sind daher in nassen Böden aktiv, in die wenig Luft dringt“, erklärt sie. In trockenen, gut belüfteten Böden entsteht vor allem Kohlendioxid, Methan werde abgebaut. „Wenn der Schnee schmilzt oder nach starkem Regen können aber auch sie zu Methanquellen werden.“

Im Untersuchungsgebiet hat inzwischen leichter Regen eingesetzt. Mit Kapuzen über dem Kopf und klammen Händen arbeiten sich Liebner und Knoblauch mit tatkräftiger Unterstützung ihres Teams vom matschigen Seeufer einen Hang hinauf, wo der Untergrund trockener ist. In regelmäßigen Abständen setzen sie den Kernbohrer an und füllen Spritzen mit Bodenwasser. Zwischendurch gibt es heißen Tee, Kekse und belegte Brote.

Dort, wo die Forschenden ihre Proben nehmen, sind im Erdreich Sensoren installiert, die Temperatur, Bodenfeuchte, die Verfügbarkeit von Sauerstoff und andere Daten aufzeichnen, auch über den Sommer hinaus. Ziel der aufwendigen Arbeiten ist es, die mikrobiellen Prozesse in den verschiedenen Bodentypen zu entschlüsseln – vor allem den Methankreislauf.

Das hochwirksame Treibhausgas trägt zwanzig bis dreißig Prozent zur Erderhitzung bei, seit Beginn der Industrialisierung

hat sich sein Gehalt in der Atmosphäre mehr als verdoppelt. Methan entweicht aus Bohrinselfn, Pipelines und Kohleminen, aus Viehmägen, Mülldeponien und Kläranlagen. Die wichtigste natürliche Quelle sind Feuchtgebiete, besonders in den Tropen. Dort bieten sauerstoffarme Moore, Sümpfe oder Tümpel ideale Bedingungen für Einzeller, die Kohlenstoff in Methan verwandeln. Nun könnte der tauende Permafrost auch die Arktis zum Methan-Hotspot machen. Knapp die Hälfte der Feuchtgebiete der Welt liegen nördlich des Polarkreises. Auf Grönland hat sich ihre Ausdehnung durch das Abschmelzen der Gletscher seit Ende der Achtzigerjahre nahezu vervierfacht, wie eine aktuelle Studie zeigt.

Der Ökologe beobachtet auf einer App, wie die Methan- und CO₂-Werte zunehmen. Plötzlich steigt die Kurve sprunghaft an

Zum Expeditionsteam auf Grönland zählen auch die GFZ-Forscher Torsten Sachs und Michael Thayne, die den See im Blæsedalen unter die Lupe nehmen. In seiner Mitte liegt selbst im Juli noch eine dünne Eisschicht. Thayne steht in Fischerhose am Ufer und setzt eine umgedrehte Plastikschüssel mit Schwimmring aufs Wasser. Über zwei Schläuche ist sie mit einem Messgerät verbunden, das die Luft unter der Schüssel ansaugt. Der aus den USA stammende Ökologe startet eine App auf seinem Smartphone und beobachtet, wie die Methan- und Kohlendioxidwerte langsam zunehmen. „Der See ist eine Quelle für Treibhausgase“, sagt er. Offenbar sickern sie mit Bodenwasser aus dem angrenzenden Gelände ein und werden auch im Sediment produziert, vermuten die Wissenschaftler. Plötzlich steigt die Methankurve sprunghaft an. „Das sind aufsteigende Gasbläschen vom Seegrund!“

Es sind dringend benötigte Daten, die das Team auf der Diskoinsel sammelt. Daten, mit denen die Forschenden ihre Computermodelle füttern werden, um zu simulieren, wie viel Methan und CO₂ in den Permafrostregionen heute und in Zukunft in die Atmosphäre gelangt. „Bislang gibt es dazu keine verlässlichen Zahlen“,

sagt Geoökologe Sachs. „Messungen von Treibhausgasemissionen in der vielerorts kaum zugänglichen Arktis sind rar, besonders Daten für die Wintermonate und Langzeitbeobachtungen.“ Die Kohlenstoffbilanz des Permafrosts lässt sich auch deshalb schwer beziffern, weil sie nicht nur von der Erwärmung, sondern auch von anderen klimabedingten Veränderungen beeinflusst wird. Zunehmende Extremereignisse wie Hitzewellen, Wald- und Tundrenfeuer oder Starkregen spielen ebenso eine Rolle wie das „Arctic Greening“, der Vormarsch der Vegetation nach Norden.

Grönland, zu achtzig Prozent von Gletschereis bedeckt, macht zwar nur einen vergleichsweise kleinen Teil der weltweiten Permafrostgebiete aus. Aber hier können die Forschenden Prozesse unter verschiedenen Umweltbedingungen studieren, die in Böden und Feuchtgebieten rund um die Arktis auftreten – und so ihre globalen Klimamodelle verbessern. Ihre Arbeit auf der Insel ist noch wichtiger gewor-

den, seit sie zur größten Permafrostregion der Erde keinen Zugang mehr haben. „Eigentlich war unser Projekt im Lenadelta in Sibirien geplant“, erzählt Knoblauch. „Dort haben wir seit vielen Jahren mit russischen Kollegen gearbeitet.“ Dann kam die Pandemie – und 2022 Russlands Angriff auf die Ukraine. Seither liegen alle deutsch-russischen Forschungs Kooperationen auf Eis. Die am Projekt beteiligten Institute haben Millionen in Instrumente im Lenadelta investiert. Diese sind nun genauso unerreichbar wie Daten über Wetter und Treibhausgasemissionen, die ein Messturm dort ganzjährig aufzeichnet.

Zukunftsszenarien

Gegen Abend lassen Wind und Regen nach, und die Forschenden machen sich vom Blæsedalen schlammgespritzt auf den Rückweg nach Qeqertarsuaq, die schweren Bohrkerne auf ihre Rucksäcke verteilt. Die Sonne, die im Polarsommer

nicht untergehen will, taucht die Landschaft durch die Wolken in weiches Licht. Bald sind wieder die Eisberge in der Diskobucht und die bunten Holzhäuser des Ortes zu erkennen. In der warmen und trockenen Arktisstation wartet das Abendessen.

Zuvor legen die Forschenden ihre Bodenproben im Nebengebäude der Station vorsichtig in eine Gefriertruhe. In ihren Heimatlaboren werden sie diese später untersuchen: Wie viel Kohlenstoff enthalten sie? Welche Mikrobenarten kommen darin vor? Und welche der vielen Milliarden Einzeller, die in einem Gramm Boden leben, bilden Methan? Mit einigen der Bohrkerne werden sie in Hamburg verschiedene Klimaszenarien durchspielen. „In speziellen Experimentierkammern, in denen wir die Temperatur und andere Umweltfaktoren regulieren können, wollen wir die Methanproduktion messen“, sagt Knoblauch.

Es wird ein Blick in die Zukunft sein. Eine Zukunft, in der tauender Permafrost die Erderhitzung noch verstärken könnte. ●



BUNTES LEBEN

Qeqertarsuaq („Große Insel“) ist der grönländische Name für die Diskoinsel und ihren Hauptort, in dem zuletzt gerade mal rund 850 Menschen lebten. Vor der Küste treiben die Eisberge des mächtigen Sermeq Kujalleq oder Jakobshavn-Gletschers, der in die Diskobucht mündet