Russische Eisböden sind sensibler als gedacht

Geologie. Wie sich Permafrost im Klimawandel verhält, ist weitgehend unbekannt. Forschende der Uni Innsbruck konnten im Uralgebirge zeigen, dass er selbst auf kurze Warmphasen der Erdgeschichte empfindlich reagierte.

VON WOLFGANG DÄUBLE

Aus seinen Forschungsexpeditionen wurden oft richtige Abenteuer, erinnert sich Yuri Dublyansky. Sie führten den Innsbrucker Geologen tief in kilometerlange Höhlen des russischen Uralgebirges, auf dem beschwerlichen Weg dorthin mussten sie Bären ausweichen oder auf Bäume klettern, um Ersatzteile für den auf dem Dach liegenden Geländewagen anzufordern. „Auf einer Hochebene ist unser Fahrzeug mitsamt den Insassen und der Ausrüstung vom Weg abgekommen und hat sich überschlagen. Zum Glück ist niemand verletzt worden, aber wir hatten keine Funkverbindung und mussten auf den höchsten Baum in der Gegend klettern und dort auf ein Signal warten, um Hilfe aus der nächstgelegenen Ortschaft zu rufen", so Dublyansky. Doch es seien genau diese unerwarteten Herausforderungen, die er an der klassischen Feldforschung liebe, fügt der Wissenschaftler hinzu, sie gäben seiner Arbeit „eine gewisse Würze".

KLIMA IM WANDEL

Acht Jahre lang reiste er mit seinem Team von der Universität Innsbruck für ein vom Wissenschaftsfonds FWF finanziertes Projekt immer wieder in die über 2000 Kilometer lange Gebirgskette, die sich von Norden nach Süden durch den mittleren Westen Russlands zieht, an der Grenze zwischen Europa und Asien. 26 Höhlen untersuchte sein Team in dieser Zeit. Das Ziel: bernsteinfarbene Ablagerungen, Zehntausende Jahre alt, anhand derer die Geschichte des Bodens über der Höhle – und vor allem seiner Temperatur – nachgezeichnet werden kann. „Diese Ablagerungen, wir nennen sie kryogene Höhlenkarbonate, bilden ein sehr spezielles, natürliches Klima-Archiv. Sie entstehen, wenn Permafrost – also Boden, der normalerweise das ganze Jahr über gefroren ist – über der Höhle zu tauen beginnt und Wasser in die eiskalte Höhle tropft. Hier gefriert es wieder, dabei scheiden sich darin gelöste Karbonate ab und bilden Kristalle, die bestehen bleiben", erklärt der Forscher.

Präziser Blick in die Vergangenheit

Das Alter dieser Karbonate kann mit der sogenannten Uran-Thorium-Methode auf wenige Jahrzehnte genau datiert werden. Sie verrät dem Geologen, ob in der Erdgeschichte einmal Permafrost über der Höhle existierte – und wann er aufgetaut ist. Da die untersuchten Höhlen über die gesamte Länge des Urals verteilt liegen, vom Nordpolarmeer bis zur kasachischen Grenze im Süden, lassen sich mit Dublyanskys Daten der Vormarsch und Rückzug der eisigen Böden während der letzten 200.000 Jahre kartieren. „Die Karbonate sind dafür ein perfektes Werkzeug, denn in den Höhlen sind sie vor Verwitterung und Erosion geschützt. Sie bleiben lange Zeit unverändert und erlauben uns einen sehr präzisen Blick in die Vergangenheit. Bei einer der südlichen Fundstellen herrscht heute zum Beispiel angenehm warmes Klima, doch wir wissen nun, dass vor 35.000 Jahren diese Höhle und der Boden darüber vollständig gefroren waren."

Die in dem Projekt gewonnenen Daten füllen nicht nur wichtige Lücken in der Rekonstruktion des Klimas vergangener Erdzeitalter. Sie helfen gleichzeitig dabei, aktuelle Klimamodelle zu validieren, so Dublyansky. „Man kann mit diesen Modellen ja auch das vergangene Klima berechnen und die Ergebnisse dann mit unseren empirischen Daten abgleichen – je besser sie übereinstimmen, umso zuverlässiger sollten die Modelle auch zukünftige Entwicklungen vorhersagen können." Ein Problem mit den globalen Klimamodellen – hochkomplexe, physikalische Berechnungen, für die meist ganze Institute geschaffen wurden – sei nämlich, dass man damit durchaus unterschiedliche Prognosen erhalten kann. Seine Daten aus der Vergangenheit seien daher wichtige Hilfsmittel, um die wahrscheinlichste Variante für die Zukunft bestimmen zu können.

Natürliche Klima-Archive in Höhlen des Urals zeigen, ob Permafrostböden wirklich immer gefroren waren. [Getty Images]

Die Arbeit seines Teams zeige aber auch, dass Permafrost auf kurzfristige Temperaturveränderungen viel sensibler reagiert als bisher angenommen. Eine beunruhigende Nachricht, denn die schmelzenden Böden könnten die aktuelle Klimakatastrophe in einen neuen, sich immer schneller drehenden Teufelskreis führen. „Permafrost enthält große Mengen an organischem Kohlenstoff. Wenn er auftaut, wird dieser Kohlenstoff in Treibhausgase, vor allem CO_2 und Methan, umgewandelt. Das ließe wiederum die globale Temperatur steigen, wodurch mehr Permafrost auftaut – ein sich selbst verstärkender Prozess", so der Geologe. Die Dimensionen sind gigantisch: Geschätzte 14 Millionen Quadratkilometer, etwa 15 Prozent der Landoberfläche in der nördlichen Hemisphäre, sind zu Permafrost erstarrt. In manchen Gegenden reichen die eisigen Temperaturen bis in anderthalb Kilometer Tiefe, ein riesiges Volumen, in dem etwa doppelt so viel Kohlenstoff gespeichert ist, wie sich derzeit in der gesamten Atmosphäre befindet.

Die Treibhausgase seien jedoch nicht das einzige Problem, das mit tauendem Permafrost einhergehe, betont Dublyansky. „In Russland, Alaska oder Kanada sind viele Gebäude auf Permafrost gebaut. Und außerdem Tausende Kilometer an Öl- und Gaspipelines. Deren Stabilität ist durch das Schmelzen der Böden bedroht." Schon jetzt häufen sich die Berichte von abgesackten oder eingestürzten Gebäuden, etwa im sibirischen Jakutsk – einer Stadt mit 300.000 Einwohnern, die vollständig auf Permafrost gebaut ist. Hier sind auch Straßen, Eisenbahngleise oder Lager für gefährliche Abfälle betroffen. Bis 2050 könnten weltweit drei Viertel der Bevölkerung in Permafrostgebieten von den Auswirkungen der tauenden Böden betroffen sein, warnten Wissenschaftler bereits 2018 im Fachblatt *Nature Communications*. Umso wichtiger ist es daher, präzise Vorhersagen treffen zu können, wie sich das Klima und mit ihm die gefrorenen Böden in Zukunft verändern werden.

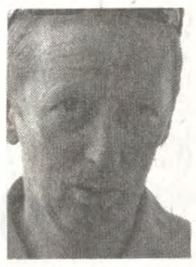
Gefahr in den Alpen

Auch in den Alpen wird inzwischen an kryogenen Höhlenkarbonaten geforscht, um die Dynamik des Permafrosts in dieser Region besser nachvollziehen zu können. Hier gibt es ebenfalls einiges an Infrastruktur, etwa Schutzhütten oder Liftmasten, die auf Permafrost gebaut wurden. Hinzu kommt die Hangstabilität, die vielerorts durch die tauenden Böden gefährdet ist. Die Folge: Steinschlaggefahr auf bisher sicheren Übergängen und Wanderrouten. An der Universität Innsbruck beschäftigt sich daher eine große Forschungsgruppe mit dem alpinen Permafrost und den Auswirkungen seiner Erwärmung, unter anderem auch auf die Trinkwasserqualität in der Region.

> „Unsere Daten zeigen, dass die Permafrostgrenze nicht nur weiter nach Norden wandert, sondern der Permafrost auch dünner wird.
>
> **Yuri Dublyansky, Geologe, Universität Innsbruck**

Es gibt noch viel zu tun, um vereisten Grund wirklich zu verstehen, auch für Dublyansky. Die große Zahl an Proben, die er in dem FWF-Projekt sammeln konnte, sind noch nicht einmal zur Hälfte analysiert. Gemeinsam mit seiner Forschungsgruppe arbeitet er derzeit daran, die Ergebnisse zu publizieren. Und fast wöchentlich erhält er Nachricht über neu entdeckte Höhlen im Ural – auch dank eines engagierten Netzwerks an Laien, die in der Gegend Höhlenforschung betreiben und von Dublyansky darin geschult wurden, die Höhlenkarbonate zu erkennen. „Erst im Oktober war ich in einer neuen Höhle in der Nähe von Krasnojarsk, die kürzlich von den lokalen Speläologen *(Höhlenforscher, Anm.)* entdeckt wurde. Sie ist riesig, bisher sind 35 Kilometer kartiert, insgesamt ist sie aber wohl mindestens doppelt so groß. Und sie enthält spannende kryogene Karbonatkristalle."

ZUR PERSON



Yuri Dublyansky (geboren 1960) analysiert seit 2006 für das Institut für Geologie der Uni Innsbruck Mineralablagerungen in Höhlen. Zuvor forschte er am Museo tridentino di scienze naturali (Italien), der McMaster University in Ontario (Kanada) oder der Russischen Akademie der Wissenschaften. [M. Nagoga]