



Tropfstein-Ernte in türkischer Höhle

GERALD TRAUFEITER / DER SPIEGEL

KLIMA

Versteinertes Wasser

Geologen erkunden einen neuen Weg, das Klima der Vergangenheit zu rekonstruieren: Tropfsteine in Höhlen erlauben Rückschlüsse darauf, wie Temperaturen und Niederschlag über die Jahrtausende schwankten. Lässt sich so auch erfahren, wie das Wetter im Garten Eden war?

Nichts erinnert hier an den Wind und die Sonne, an den Zug der Wolken oder das Prasseln des Regens. „Eigentlich ein seltsamer Ort für einen Klimaforscher“, sagt Dominik Fleitmann, lacht und lauscht den vielen Echos seiner Worte.

„Knipst mal die Lampen aus“, weist er seine Mitstreiter an. Ein Licht nach dem anderen verschwindet. Erdrückende Dunkelheit legt sich über die kleine Gruppe. Stille verwirrt die Sinne. Einzig ein leises Tropfen dringt ans Ohr. „Hört ihr?“, fragt Fleitmann in die Grabesruhe der Höhle. „Das ist das Wasser, das hier versteinert.“

Der Geologe hat diesen pathetischen Moment für seine Studenten und Doktoranden zelebriert. Denn er will sie begeistern für die Zapfen, die hier in der ewigen Dunkelheit verborgen sind.

Mittlerweile hat Fleitmann seine Helmlampe wieder angeschaltet. Tropfsteine, gleich ein paar Dutzend, tauchen im Lichtkegel auf. Einige hängen von der schrägen Decke, andere wachsen aus dem von Lehm und Ton verschmierten Fels. Feuchtigkeit

perlt an den gelblich grauen Kalkgebilden herunter. Ihretwegen sind die Forscher hierher ans türkische Ufer des Schwarzen Meers gekommen.

Die Tropfsteine sind das, was Fleitmann „versteinertes Wasser“ nennt. Langsam, ganz langsam werden sie länger, und über die Jahrtausende ihres Wachstums zeichnen sie als stumme Zeugen das Klima auf der Welt über sich auf. Aus dem Verhältnis von Sauerstoff- und Kohlenstoff-Isotopen in den einzelnen Kalkschichten lässt sich genau rekonstruieren, wann wie viel Niederschlag durchs Erdreich gesickert ist. Sogar, ob der Regen im Sommer oder im Winter gefallen ist, verrät sich auf diese Weise.

Das Geheimnis, das er birgt, lässt einen der Stalagmiten zur Beute von Dominik Fleitmanns eisernem Hammer werden. Einige dumpfe Schläge, und das Trumm kippt zur Seite. Es landet sanft in den großen Händen des 38-Jährigen. Damit sie nicht abglitschen, hat er blaue Gummihandschuhe übergezogen.

Der gebürtige Göttinger ist Professor am Institut für Geologie der Universität Bern

und gilt trotz seiner jungen Jahre als einer der führenden Experten für die Erforschung der Speläotheme, so der Sammelbegriff für Tropfsteinarten. Lange führte diese Disziplin ein Schattendasein. Die Paläoklimatologen, die das Klima der Vergangenheit rekonstruieren, nährten sich aus anderen Wissensquellen.

Da waren zunächst Baumringe und die Sedimente, die man in Seen und Meeren erbohrte. Zuletzt dominierten die Eisbohrkerne, mit großem Aufwand aus den kilometerdicken Eiskappen Grönlands und der Antarktis gebohrt. Mit verblüffender Präzision ermöglichen sie den Blick in die wechselhafte Geschichte des Planeten. Fast 800 000 Jahre zurück ging die Zeitreise und enthüllte einen wechselvollen Reigen von Warm- und Kaltzeiten.

„Für die Paläoklimatologie waren die vergangenen zwei Jahrzehnte das Zeitalter der Eiskerne. Die kommenden zwei könnten die der Speläotheme sein“, prophezeit der Oxford-Gelehrte Gideon Henderson in der Fachzeitschrift „Science“. Und auch Raymond Bradley, Geowissenschaftler an



IMAGNO / GETTY IMAGES

Darstellung vom Garten Eden (Gemälde von Lucas Cranach dem Älteren, 1530): Im Paradies versiegt das Wasser

der University of Massachusetts, gesteht den steinernen Konkurrenten zu, sie produzieren „ganz außergewöhnliche Einblicke“.

Bradley ist ein einflussreicher Klimatologe. Er zählt zu jenen, die minutiös die Entwicklung der globalen Durchschnittstemperatur in den vergangenen tausend Jahren zurückverfolgt haben. Seinen Zuhörern präsentiert Bradley gern eine Weltkarte, auf der er alle Klimaarchive eingezeichnet hat, die Eingang fanden in diese Kurve.

Dicht sind die Datenpunkte vor allem im Norden gestreut: Dort erlauben Baumringe die Klimarekonstruktion. Hinzu kommen die Daten der Eiskerne aus den Polregionen; die nordamerikanischen und

alpinen Gletscher lieferten zusätzlich Informationen.

„Rund um den Äquator aber haben wir noch viele weiße Flecken auf der Landkarte“, gibt Bradley zu. In Tropenbäumen sind kaum Temperaturveränderungen archiviert, und Eis findet sich – mit Ausnahme des Kilimandscharo-Gletschers – keines. „Stalagmiten könnten die Lücken nun schließen“, sagt er.

Einer, der besonders fleißig daran arbeitet, ist Tropsteinforscher Fleitmann. Er war schon in Saudi-Arabien, in Jemen und Oman unterwegs. Stammeskrieger kidnapten ihn mit seiner Truppe, Schlangen erwarteten sie in dunklen Schächten. Mal stieß er in den Höhlen auf steinzeitliches

Essgerät, dann wieder musste er durch die stinkenden Exkremente von Fledermäusen stiefeln. Und auch auf dieser Expeditionstour lauert in der Tiefe eine Überraschung: ein Haufen Menschenknochen.

Ein wenig ratlos dreht Fleitmann die menschlichen Überreste im Licht seiner Diodenlampe. „Das ist ein Oberschenkel“, sagt er: „Hier! Das ist doch ein Becken.“ Er fotografiert den Fund, um ihn den Behörden zu melden. „Mehr können wir auch nicht machen.“

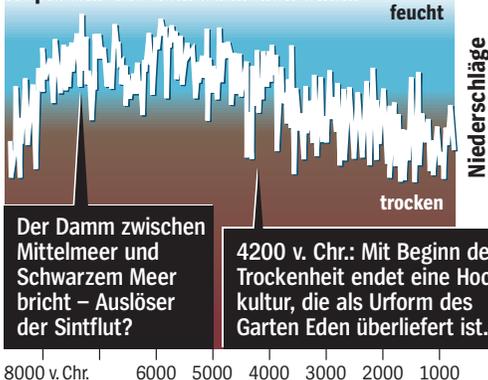
Dann wendet er sich wieder der Suche nach dem perfekten Stalagmiten zu. Die Wahl wird entscheidend sein für die Güte seiner Messergebnisse: „Er sollte geradegewachsen sein und möglichst weit weg von den störenden Einflüssen am Höhleneingang stehen.“

Zehn Grotten haben die Forscher auf ihrer sommerlichen Tour durch Nordana-

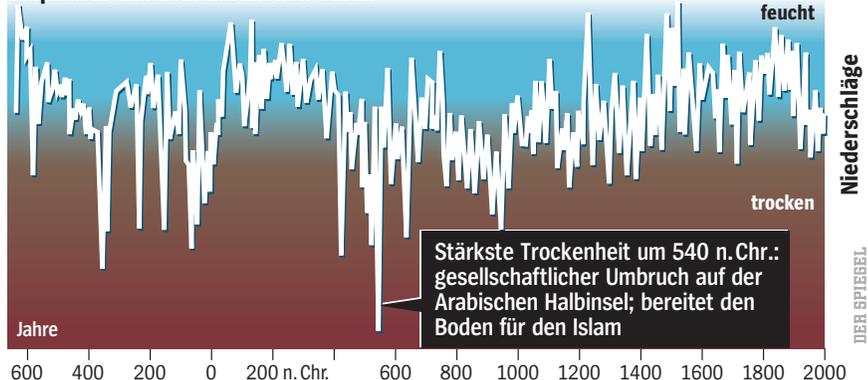
Das Regenarchiv

Aus dem Verhältnis der Sauerstoffisotope in einem Tropfstein kann man die Niederschlagsmenge der vergangenen Jahrhunderte ablesen

Tropfstein aus dem südlichen Oman



Tropfstein aus dem nördlichen Oman



DER SPIEGEL

tolien bereits durchkämmt. Behilflich ist ihnen Okan Tüysüz, ein in der Türkei berühmter Geologe. Er widmet sich einer Bedrohung, die für die Menschen hier eine viel konkretere Bedrohung bedeutet als der Klimawandel: Erdbeben. Deshalb interessiert sich Tüysüz für genau jene Stalagmiten, die so gar nicht in Fleitmanns Beuteschema passen: die umgestürzten.

Ein besonders bizarres Exemplar dient ihm als Lehrstück für die Studenten. Es ist mehrmals umgefallen und an der Bruchkante wieder weitergewachsen. „Wir vermuten eine Regelmäßigkeit, mit der die Erdbeben hier im Norden des Landes auftreten“, sagt Tüysüz.

Um dies genauer zu ermitteln, will er gemeinsam mit Fleitmann das Alter des neugebildeten Kalks an den Bruchkanten bestimmen. Dabei kommt den Wissenschaftlern eine für die Forschung besonders wertvolle Eigenschaft der Tropfsteine entgegen: In ihnen enthalten sind geringe Mengen Uran. Dieses radioaktive Element zerfällt zu Thorium; der Grad des Zerfalls erlaubt es deshalb, das Alter der Gesteine abzulesen. „Und zwar auf einige Jahre genau“, sagt Fleitmann.

Damit ist seine Methode sogar den Baumringen und Eiskernen überlegen. Hinzu kommt, dass die Tropfsteine als sehr genauer Niederschlagsmesser gelten, und das bis mehrere hunderttausend Jahre in die

Vergangenheit. Im Berner Reinstraumlabor entpuppen sich Fleitmanns Stalagmiten als spannende Chroniken vergangener Klimakapriolen, die von regenreichen Warmphasen und entsetzlichen Dürren erzählen.

In den Zacken, die das Massenspektrometer ausspuckt, spiegeln sich Aufstieg und Fall von Dynastien wider. So konnte Fleitmann nachweisen, wie den Bauern an Euphrat und Tigris vor 4200 Jahren langsam das Wasser versiegte. Das führte zum Erlöschen jener Hochkultur, die als Urbild des Garten Eden gilt.

Schlummert im Stein die Antwort auf das biblische Rätsel, ob es ein Vorbild für die Sintflut gab?

Anhand der Stalagmiten, die er in Oman geborgen hat, konnte Fleitmann nachweisen, dass die Königreiche der Arabischen Halbinsel etwa 540 nach Christus, also kurz vor der Entstehung des Islam, von einer klimatischen Achterbahnfahrt gebeutelt wurden. Vier Königreiche gingen unter, Hungersnöte suchten Mekka heim.

Fleitmann wälzte Geschichtsbücher und las darin, wie Mohammeds Großvater nach Syrien reiste, um Nahrungsmittel zu erbiten. Er sei zwar Klimaforscher und kein Religionshistoriker, meint er. „Aber ich kann mir einfach nicht vorstellen, dass die

Launen des Klimas nicht auch zum Aufstieg des Propheten Mohammed beigetragen haben sollen.“

In der Türkei schickt er sich nun an, eines der großen biblischen Rätsel zu lösen: die Frage, ob es ein historisches Vorbild für die Sintflut gibt. Viele Forscher vermuten, dass die natürliche Barriere zwischen dem Schwarzen Meer und dem Mittelmeer vor rund 9400 Jahren plötzlich kollabierte. Ein solch dramatisches Ereignis müsste Spuren im Kalkarchiv der türkischen Tropfsteinhöhlen hinterlassen haben.

Die Stalagmiten jedoch sprechen bislang gegen diese Hypothese. Die Niederschlagskurve zeigt keinerlei drastische Ausschläge. Fleitmann glaubt: „Eher ist das Mittelmeer langsam angestiegen, bis es ins Schwarze Meer überschwappte.“

Mehr noch als Sintflut und Paradies aber interessiert Fleitmann ein ganz grundlegendes Funktionsprinzip des Weltklimas, dem er sich auf der Spur glaubt: Es geht ihm um eine mysteriöse Verbindung zwischen dem Nordatlantik und dem Monsun, der jedes Jahr über die tropischen Breiten der Erde zieht.

Der Monsun fällt immer unterschiedlich stark aus; variabel ist auch, wie weit er nach Norden vorstößt. Doch wovon seine Stärke abhängt, ist noch nicht hinreichend klar. Wie, stellt sich daher die Frage, wird sich der Monsun im Treibhausklima der

Zukunft verhalten? „Davon hängt das Wohlergehen von Milliarden ab“, warnt Fleitmann.

Die Gruppe hat sich für eine kurze Pause auf den Höhlenboden niedergelassen. Bis die feuchte Kälte ihnen wieder in die Knochen steigt, hält Fleitmann ein Kurzreferat über Klimaforschung.

Einen ominösen Zusammenhang zwischen den Temperaturen des Nordatlantiks, dessen Tiefdruckgebieten und der Regenmenge in Asien habe die Wissenschaft bislang ausmachen können. Eine Art Scharnier im globalen Wettergeschehen scheint dabei die Türkei zu spielen.

Tiefdruckgebiete, die vom Nordatlantik her über das Mittelmeer gen Osten ziehen, schwenken über der Türkei entweder in nördliche Richtung ab, oder sie rauschen über den Vorderen Orient bis nach Afghanistan. „Fällt dort viel Schnee, gibt es einen schwachen Monsun“, erklärt der Forscher, während er mit seinen Fingern ein Schema dieser Vorgänge in den weichen Tonboden malt.

Aus den Messungen, die Fleitmann an den Stalagmiten der Arabischen Halbinsel vorgenommen hat, konnte er ein grundlegendes Muster erkennen: „In Kaltzeiten zieht der Monsun wesentlich weniger weit in den Norden als in wärmeren Zeiten.“

Das könnte erklären, warum einst Savannen auf der Arabischen Halbinsel blüh-



Geologe Fleitmann, aufgesägter Stalagmit
Chronik vergangener Klimakapriolen

ten, warum hier riesige Seen Antilopen, Büffel und Löwen anlockten. Das heutige Syrien und der Libanon waren sogar dicht bewaldet. „Dort liegen jetzt oft nur noch Steine und Sand“, sagt Fleitmann und blickt ein wenig ratlos in die Runde.

Was dieses Klimasystem antreibt, ist bisher unbekannt. „Vielleicht steckt die Antwort in diesem Stück Stein“, sagt Fleitmann und streicht über die raue Oberfläche aus Kalk. In Bern werden sie den erstarrten Zapfen aufsägen. Mit einem Laser werden sie ihn beschneiden, bis aus ganz feinen Poren im Gestein das in winzigen Mengen

eingeschlossene Wasser verdampft. Das werden sie auffangen, analysieren, daraus Niederschlag und Temperaturen der Vergangenheit rekonstruieren.

Am Höhlenausgang zeigt sich dann, dass auch die millionenteure Analytik nicht ohne das Lagerfeuer-Wissen anatolischer Ziegenhirten auskommt. Fleitmanns Truppe hat sich an Seilwinden aus der Höhle gehievt. Die Sonne kratzt bereits an den geschwungenen Bergrücken.

Da treffen die ausgelaugten Höhlenforscher auf Mehmet, der gerade seine Herde zusammengetrieben hat. Neugierig beobachtet er, wie sie die Gesteinszapfen zwischen Lorbeersträuchern und Krüppelweiden beschriften. Von Tüysüz, dem Istanbuler Professor, lässt sich der Mann den Sinn dieser in seinen Augen höchst sonderbaren Beschäftigung erklären.

Dann zeigt er mit seiner vom Wetter gegerbten Hand in die Richtung einer weiteren Höhle. „Eines meiner Schafe ist da vor ein paar Jahren hineingefallen“, sagt er und bietet den Schweizern an, sie dorthin zu führen. „Wir nennen sie den versteckten Garten“, raunt der Schäfer.

„Wäre doch schön, wenn dieser Name ein gutes Omen für uns Klimaforscher wäre“, sagt Fleitmann und verabredet sich mit dem Ziegenhirten für den nächsten Morgen.

GERALD TRAUFFETTER