



TRIGGER GESUCHT

INTERVIEW: SINA LÖSCHKE

Die Vergangenheit lehrt uns: Das Klima der Erde kann plötzlich kippen und sich innerhalb kurzer Zeit extrem abkühlen oder aber erwärmen. Wie groß die Gefahr eines abrupten Klimawechsels derzeit ist und wodurch solche Umschwünge in der Vergangenheit ausgelöst wurden, erforschen die

REKLIM-Klimawissenschaftler Achim Brauer und Ralf Tiedemann.

Ein Gespräch über neue Erkenntnisse, in deren Licht unsere Zukunft ungewiss erscheint.

► **Herr Tiedemann, Herr Brauer: Die Klimageschichte der Erde hält handfeste Überraschungen parat. Allein im Zuge der letzten Eiszeit kam es über 20-Mal zu einer plötzlichen, dramatischen Erwärmung. Wie schnell ist das Klima damals umgeschlagen und erlebt die Menschheit gerade einen vergleichbar raschen Wandel?**

Ralf Tiedemann: Ein Vergleich des gegenwärtigen Geschehens mit den damaligen Klimaschwankungen ist schwierig, denn die abrupten Klimaumschwünge im Zeitraum vor 10 000 bis 50 000 Jahren traten innerhalb weniger Jahrzehnte auf. Von Klimadaten aus Eiskernen wissen wir, dass in diesen Phasen zum Beispiel die Lufttemperatur über Grönland innerhalb von ein bis drei Jahrzehnten, ja teilweise sogar innerhalb von wenigen Jahren, um acht bis zehn Grad Celsius gestiegen ist. Über Europa waren es vier bis fünf Grad Celsius. Dann vergingen

mehrere Jahrhunderte, bis sich die Atmosphäre wieder auf eiszeitliche Bedingungen abkühlte.

Achim Brauer: Temperatursprünge dieses Ausmaßes beobachten wir derzeit natürlich nicht. Die Erde hat sich in den zurückliegenden 120 Jahren um ein Grad Celsius erwärmt. Tatsache ist aber auch, dass die Erwärmung nicht überall gleich ist. In der Arktis zum Beispiel schreitet sie doppelt so schnell voran wie in der restlichen Welt. Solche regionalen Unterschiede sehen wir auch in den von uns untersuchten Klimadaten der Vergangenheit. Auch wenn wir in Grönland derzeit keinen Temperaturanstieg messen, der an die abrupten Klimaschwankungen der Vergangenheit heranreicht, so deutet die Klimageschichte jedoch darauf hin, dass mit der menschengemachten graduellen Erderwärmung die Wahrscheinlichkeit plötzlicher Klimaumschwünge steigt.

► **Das ist eine ziemlich beunruhigende Aussage: Wie kommen Sie zu dieser Schlussfolgerung?**

Achim Brauer: Unser Wissen über das Klima der Vergangenheit stammt aus grönländischen Eiskernen sowie aus Sedimentkernen, die wir in verschiedenen Meeresregionen und in Seen Europas gebohrt haben. Darüber hinaus haben wir auch Jahresringe versteinelter Bäume untersucht. Diese Klimaarchive ermöglichen es uns zum Beispiel, die damaligen Temperaturen und Niederschlagsverhältnisse zu rekonstruieren. Zu plötzlichen Klimaumschwüngen kam es demzufolge vor allem in den Übergangsphasen zwischen den Warm- und Kaltzeiten. Diese traten immer dann auf, wenn die Einstrahlung der Sonne auf die Erde durch Veränderungen der orbitalen Parameter zu- oder abnahm. Infolgedessen stellten sich dann allmählich großräumige Verände-



PROF. DR. RALF TIEDEMANN ist Geologe am Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, und spezialisiert auf die Rekonstruktion der Klimageschichte mithilfe von Eisbohr- und Sedimentkernen aus den Ozeanen. An REKLIM begeistert ihn, dass der Verbund, „führende Wissenschaftler zusammengebracht hat, die in unterschiedlichen Regionen der Nordhemisphäre gearbeitet und erstmals einen umfassenden Abgleich von Klimadaten aus Grönland, Europa, dem Atlantik und dem Nordpazifik möglich gemacht haben.“

rungen ein, die das Klimasystem destabilisierten und die Wahrscheinlichkeit abrupter Klimaschwankungen erhöhten.

Ralf Tiedemann: Durch den massenhaften Ausstoß von Kohlendioxid und anderen Treibhausgasen haben wir Menschen auf künstliche Weise eine solche Übergangsphase eingeleitet. Das Klima wird derzeit immer wärmer, dadurch instabiler und anfälliger für abrupte Klimaänderungen.

► **Welche Faktoren haben denn in der Vergangenheit rasche Klimaumschwünge ausgelöst?**

Ralf Tiedemann: Meist gab es nicht den einen Grund, sondern immer eine ganze Kaskade.

Achim Brauer: Wir haben in REKLIM vor allem den plötzlichen Beginn der vor etwa 12 700 Jahren auftretenden Kaltphase untersucht. Sie führte in Europa zu deutlich

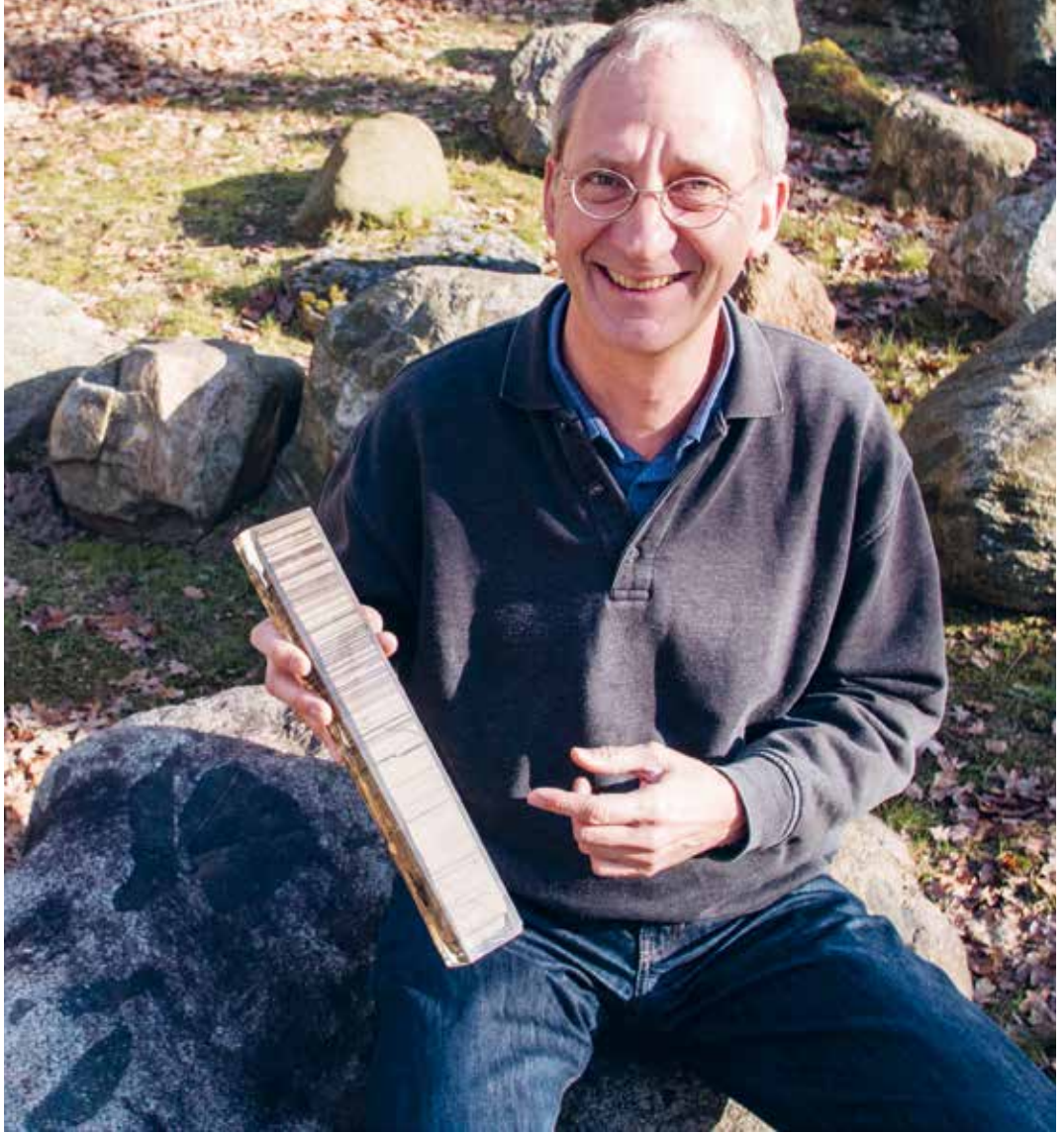
kälteren Wintern, zog sich über 1 100 Jahre hin und fiel in jene Zeit, als sich das Klima zum Ende der letzten Eiszeit allmählich erwärmte. Wer oder was den Kälteeinbruch auslöste, ist bis heute nicht eindeutig geklärt. Wir kommen in unseren Studien jedoch zu dem Ergebnis, dass das Meereis der nördlichen Hemisphäre eine wichtige Rolle gespielt hat. Seine winterliche Ausdehnung vom Arktischen Ozean bis zum 50. Breitengrad Nord, also bis auf die Höhe von Frankfurt am Main, hat damals die Zirkulation der Luftmassen über der Nordhalbkugel beeinflusst. Denn wo Meereis den Ozean bedeckt, kann das Wasser seine Wärme nur schlecht an die Atmosphäre abgeben.

Ralf Tiedemann: Ein zweiter Mechanismus, der damals wohlmöglich eine Rolle spielte, war die Veränderung der Meeresströme im Nordatlantik, hier vor allem die Abschwächung des Nordatlantikstroms, der

gemeinhin auch als Golfstrom bezeichnet wird. Er bringt heute einen Großteil jener Wärme in den nördlichen Atlantikraum, die für das milde Klima in Nordeuropa mit verantwortlich ist. Damals jedoch versiegte dieser Wärmetransport, was wahrscheinlich der Grund dafür war, dass diese Kaltphase so lange andauerte.

► **Das klingt, als sei das Meereis in Sachen Klima das Zünglein an der Waage?**

Ralf Tiedemann: Ja, das gilt zum einen für das Wetter in Europa, viel mehr aber noch für die Belüftung des Nordpazifiks. Dazu muss man wissen, dass der Pazifische Ozean die größten Sauerstoffminimumzonen im Weltozean beherbergt, die sich im Zuge des Klimawandels noch ausweiten werden, so die Annahme. Derzeit verhindert eine stabile Schicht aus salzarmem Oberflächenwasser die Umwälzung der



PROF. DR. ACHIM BRAUER

arbeitet als Geologe am Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ). Grundlage seiner Klimarekonstruktionen sind vor allem kontinentale Archive wie See-Sedimente und Baumringe. In REKLIM hat er gelernt, „den Einfluss der Ozeane bei der Interpretation kontinentaler Klimadaten immer mitzudenken.“

Wassermassen im Nordpazifik und damit den Transport von sauerstoffreichem Wasser von der Meeresoberfläche in die Tiefe. Die einzige Sauerstoffquelle für dieses riesige Gebiet ist das Ochotskische Meer - ein Randmeer des Nordpazifiks, welches zwischen Kamtschatka, Japan und dem russischen Festland liegt. Bildet sich hier im Winter Meereis, steigt der Salzgehalt in den darunterliegenden Wassermassen durch das Ausfällen von Salzlake und erhöht deren Dichte. Die kalten und sauerstoffreichen Wassermassen werden schwerer, sinken ab und fließen aus dem Ochotskischen Meer in den Nordpazifik, wo sie die Wassermassen in mittleren Tiefen bis zum Äquator hin mit Sauerstoff versorgen.

Achim Brauer: Dieser Mechanismus war in der Vergangenheit jedoch nicht der Normalfall, wie unsere REKLIM-Forschung gezeigt hat.

Ralf Tiedemann: Richtig, wenn wir die Zeit etwa 6 000 Jahre zurückdrehen, dann stellen wir fest, dass zu diesem Zeitpunkt die Durchlüftung des Nordpazifiks drastisch reduziert war. Im Ochotskischen Meer wurde einfach kein Eis mehr gebildet. Dem Pazifischen Ozean ist in dieser Phase im wahrsten Wortsinn die Luft ausgegangen. Diese Entwicklung wird sich im Zuge des aktuellen Klimawandels wahrscheinlich wiederholen. Ozeanographische Messungen zeigen schon jetzt, dass der Sauerstoffgehalt des Zwischenwassers abnimmt, während seine Temperatur steigt. Es droht

ein flächendeckender Sauerstoffmangel mit dramatischen Folgen für die Lebensgemeinschaften des Nordpazifiks und am Ende auch für die Fischerei.

► **Schrumpfendes Meereis in der Arktis, sauerstoffarmes Wasser im Pazifik und ein sich abschwächender Golfstrom: Diese aktuellen Beobachtungen erinnern an die von Ihnen erforschten Klimasprünge in der Vergangenheit. Wie genau aber hilft uns das Wissen über historische Klimaschwünge im Umgang mit dem aktuellen Klimawandel?**

Achim Brauer: Zum einen schärft es unser Bewusstsein, dass es überhaupt zu extrem schnellen Klimaveränderungen kommen kann. Zum anderen haben wir aufgrund unserer

Forschung eine genauere Vorstellung davon, welche Wechselwirkungen einsetzen, wenn sich das Klima verändert. Wie zum Beispiel werden sich die Erdoberfläche und die Vegetation verändern? Wird es mehr Erosion geben oder mehr Extremereignisse? Antworten auf diese und andere Fragen leiten wir aus der Vergangenheit ab und können so skizzieren, mit welchen Veränderungen wir im Falle abrupter Temperaturänderungen zukünftig rechnen müssen.

► **Was erwartet uns im Ernstfall: Können Sie ein Beispiel nennen?**

Achim Brauer: Ein plakatives Beispiel stammt aus Norddeutschland. Wir haben herausgefunden, dass in den plötzlichen Erwärmungsphasen vor 11 000 Jahren die Wasserpegel der Seen in Norddeutschland acht bis neun Meter niedriger waren, als sie es heutzutage sind. Vielen kommen da vielleicht die Bilder des trockenen Sommers 2018 in den Kopf, als die Wasserstände derselben Seen um zwei bis drei Meter gesunken waren. Unsere Klimadaten aber liefern gute Anhaltspunkte dafür, dass wir im Falle einer raschen Erwärmung mit noch viel größeren Pegel-Rückgängen rechnen müssen; sehr wahrscheinlich auch mit starken Vegetationsveränderungen.

Ralf Tiedemann: Wir müssen ehrlicher Weise aber auch sagen, dass man die damaligen Entwicklungen in Europa nicht direkt in die Gegenwart übertragen kann. Bei unseren Studien beobachten wir naturbelassene Systeme, in denen wir die genannten Veränderungen allerdings ganz drastisch sehen. Heute jedoch leben wir in einer stark vom Menschen beeinflussten Welt, die noch viel verletzlicher ist - vor allem gegenüber plötzlichen Klimaschwankungen.

► **Mal ganz direkt gefragt: Wie groß ist denn die Gefahr eines Klimaumschwunges?**

Ralf Tiedemann: Bevor der Mensch nachhaltig in das Klimageschehen eingegriffen hat, schwankten die atmosphärischen Kohlendioxid-Konzentrationen zwischen 180 und 280 parts per million (ppm). Dieser Bereich war die Schwankungsbreite

zwischen einer Kalt- und einer Warmzeit und es genügten geringfügige Konzentrationsveränderungen, um große Temperatursprünge auszulösen. Heute liegen wir bei etwa 410 ppm. Das heißt, wir haben die Treibhausgaskonzentration innerhalb sehr kurzer Zeit rasant steigen lassen und auf unserem Weg eventuell auch schon Schwellenwerte im Klimasystem überschritten, von denen wir noch gar nicht wissen, wo sie überhaupt liegen. Die Frage des wie und wann lässt sich deshalb nicht beantworten.

► **Können Sie denn mit ihrer Forschungsarbeit für mehr Gewissheit sorgen?**

Achim Brauer: Wir haben in zehn Jahren REKLIM wirklich große methodische Fortschritte gemacht. Wir sind zum Beispiel jetzt in der Lage, die verschiedenen Klimaarchive aus Grönland und Europa auf das Jahr genau zu synchronisieren. Dazu nutzen wir feinste Aschespuren von Vulkanausbrüchen auf Island, die wir in allen Klimaarchiven finden. Sie helfen uns wie Datumsanzeiger, die Proben genau zu datieren, sodass wir nur zeitgleich entstandene Ablagerungen oder Eisproben miteinander vergleichen. Auf diese Weise können wir den Zustand verschiedener Klimakomponenten zu einem bestimmten Zeitpunkt untersuchen. Wie warm war es damals? Wie zirkulierten die Meeresströmungen und wie wanderten die Luftmassen? Diese drängenden Fragen können wir nun angehen.

► **Gab es bei ersten Vergleichen verschiedener Klimaarchive denn schon überraschende Ergebnisse?**

Achim Brauer: Mich hat beeindruckt, dass die abrupte Abkühlung vor 12 700 Jahren in den grönländischen Eiskernen bereits 170 Jahre früher zu erkennen ist als in den Sedimentablagerungen aus Europa. Damit bestätigt sich ein Muster, welches wir auch heute sehen. Klimaveränderungen treten zuerst in den Polarregionen auf und sind erst mit einigen Jahrzehnten Verzögerung auch in den mittleren Breiten zu spüren. Anhand unserer Klimadaten können wir jetzt nicht nur die regionalen Unterschiede vergangener Klimawechsel beschreiben. Wir sind auch in der Lage nachzuvollziehen, in welchem Tempo sich der Wandel über die Nordhalbkugel ausbreitete.

Ralf Tiedemann: Ein ebenso aufschlussreiches Muster haben wir entdeckt, als wir die rekonstruierten Temperaturdaten aus dem Nordpazifik und dem Nordatlantik miteinander verglichen haben. Demnach werden Klimasignale aus dem grönländischen Nordatlantik in den nordpazifischen Raum übertragen. Wenn sich zum Beispiel die Umwälzbewegung der Wassermassen im Nordatlantik verstärkte, wurde im Nordpazifik weniger Zwischenwasser produziert und umgekehrt.

Achim Brauer: Wir wissen heute, abrupte Klimaveränderungen wirkten über den gesamten Globus, aber nicht überall gleich. Die Wirkungen waren nicht einmal zeitgleich. Sie unterschieden sich in ihren Amplituden und Ausprägungen und waren somit in jeder Region anders. In den nächsten Jahren wird es darum gehen, diese regionalen Auswirkungen noch detaillierter zu untersuchen. ■

KOMPAKT

- In Übergangsphasen zwischen Warm- und Kaltzeiten kam es in der Vergangenheit wiederholt zu plötzlichen Umschwüngen des Klimas, bei denen sich die Erde innerhalb kurzer Zeit entweder schnell erwärmte oder abkühlte.
- Durch den enormen Ausstoß von Treibhausgasen hat der Mensch auf künstliche Weise eine solche Übergangsphase eingeleitet. Die Wahrscheinlichkeit, dass das Klima plötzlich kippen könnte, steigt derzeit.
- Eine besondere Rolle nimmt das arktische Meereis ein: Schrumpfte es in der Vergangenheit oder breitete es sich enorm aus, so hatte das jeweils grundlegende Folgen für das Klima der Erde.