

10\_NAME



Gewaltige Eisberge wie hier an der Küste Grönlands brechen Jahr für Jahr von gigantischen Gletscherzungen ab. Der Vorgang hat sich beschleunigt, sagen Forscher. Damit steigt auch der Meeresspiegel schneller.

—FOTO: BORD

## Das ewige Eis Grönlands schwindet

Nach US-Studien schmelzen die Gletscher schneller als bisher angenommen – Höherer Anstieg des Meeresspiegels mögliche Folge

VON UNSEREM REDAKTEUR  
MARTIN SCHMITT

Der Anstieg des Meeresspiegels könnte entgegen bisherigen Annahmen weit schneller erfolgen. Das ist das Ergebnis mehrerer internationaler Studien, die die Entwicklung der Eisschilde in Grönland und der Antarktis unter die Lupe genommen haben. Demnach verlieren die großen Eispanzer der Erde alljährlich mehr Substanz, als sie hinzugewinnen. Ein Vorgang, den man bisher vor allem an kleineren Eismassen beobachtete. Doch die Daten sind nicht eindeutig: Mancherorts wächst das Eis auch.

Es waren zwei US-Forscher, die Mitte Februar ein Ausflugsboot setzten. Im Auftrag der US-Weltraumbehörde Nasa hatten Eric Rignot vom kalifornischen Jet Propulsion Laboratory in Pasadena und Pannir Kanagaratnam von der Universität von Kansas die Bewegung des Grönlandeis beobachtet, vor allem der Gletscher, die sich beständig auf das Meer zuschieben.

Deren Geschwindigkeit ist deutlich angestiegen, besonders im Südosten der größten Insel der Welt, haben die beiden Forscher herausgefunden. Damit jedoch, verdeutlicht Rignot, werde auch mehr und schneller Eis aus dem Inland in den Ozean transportiert, wo es schmilzt und das Wasservolumen erhöht. Ein steigender Meeresspiegel ist die Folge.

Die Ursache vermutet Rignot in ansteigenden Temperaturen. So sei im Südosten Grönlands über die vergangenen 20 Jahre hinweg die Durchschnittstemperatur um gut drei Grad geklettert. Die Ergebnisse, die Rignot und Kanagaratnam aus der Auswertung von Satellitendaten des zurückliegenden Jahrzehnts erhielten, sind in der Tat dramatisch. „Zwischen 1996 und 2005 hat sich der Masseverlust der grönländischen Gletscher verdoppelt“, sagt Rignot.

Waren es vor zehn Jahren noch 90



Kaiserpinguine leben im Eis der Antarktis. Doch dieses schmilzt vielerorts schnell.

—ARCHIVFOTO: KEYSTONE

Kubikkilometer, die der gesamte Eispanzer jährlich einbüßte, so wurde für 2005 ein Verlust von 224 Kubikkilometern gemessen. Auch die Dicke des küstennahen Eises, je nach Standort zwischen 500 und 1000 Meter, nehme rapide ab, warnen die Wissenschaftler. Rignot: „Wir sprechen hier nicht von Zentimetern, sondern von bis zu 40 Metern im Jahr.“

### Wettlauf zwischen Land und Küste

Zwar hat sein Kollege Jay Zwally vom Nasa-Goddard Space Flight Center festgestellt, dass aufgrund der Erwärmung der Schneefall im Innern Grönlands zunimmt und somit Eismasse aufgebaut wird. Vielleicht sogar mehr, als sich woanders verflüssigt. Doch auch Zwally spricht davon, dass das sensible Gleichgewicht zu kippen droht: „Es ist ein Wettlauf zwischen Eis-Abbau am Rand und Eis-Aufbau im Innern.“

Diesen könnte das Binnenland verlieren. Denn laut Rignot gleiten die Eismassen immer schneller ins Meer. Weil die Temperaturen steigen, sammelt sich am Grund der Gletscher mehr Schmelzwasser, so dass das Eis wie auf einem Schmierfilm dahinschleudert. An einigen Stellen mit bis zu zwölf Kilometern im Jahr. Damit aber wird immer mehr Eis immer rascher an die Küste verfrachtet. Diese Bewegungen habe bisher niemand in die gängigen Modelle zur Berechnung des Meeresspiegelanstiegs einbezogen,

sagt Rignot. Er glaubt, dass allein Grönlands schmelzendes Eis für einen Meeresspiegelanstieg von 0,5 Millimetern im Jahr verantwortlich ist. Zum Vergleich: der gesamte weltweite Anstieg wird von Forschern auf drei Millimeter im Jahr beziffert. Mindestens ein Sechstel wird damit heute schon von Grönlands Gletscher verursacht.

„In diesem Zusammenhang könnten Schätzungen, der Meeresspiegel werde im kommenden Jahrhundert um einen halben Meter ansteigen, untertrieben sein“, glaubt Julian A. Dowdesnell vom britischen Scott Polar Research Institute in Cambridge. Und macht eine weitere Rechnung auf: Der Eisschild Grönlands ist rund 1,7 Millionen Quadratkilometer groß und bis zu drei Kilometer dick. Ein vollständiges Abtauen würde die Meere um gut sieben Meter ansteigen lassen.

Eine derartige Menge an Frischwasser in den Ozeanen könnte auch die Meeresströmungen aus dem Takt bringen, warnt der deutsche Ozeanograph Stefan Rahmstorf vom Potsdam Institut für Klimafolgenforschung. Was einschneidende Auswirkungen auf das Klima hätte.

Die dramatische Entwicklung hat aber nicht ganz Grönland erfasst. Während sich im Süden die Lage zuspitzt, verharrt der Norden in Eiseskälte. Auch für die Antarktis steht ein genauer Befund noch aus. Isabella Velicogna von der Universität von Colorado in Boulder glaubt, dass auch hier die Eis-

masse schwindet, vor allem im Westen des Fünften Kontinents. In jüngster Zeit kollabierten hier ganze Schelfeisfelder. Setze sich diese Entwicklung fort, könnten noch einige Meter auf den Meeresspiegelanstieg draufgesetzt werden – wenn auch im Laufe von Jahrhunderten, mahnen die Experten.

### Weltweiter Gletscherschwund

Anderorts lässt sich ebenfalls das Verschwinden des ewigen Eises beobachten. So verweist der chilenische Glaziologe Gino Casassa auf die Eisströme Südamerikas, die von Patagonien bis Bolivien den Rückzug angetreten hätten. „Das wird anhalten“, glaubt er nicht an ein vorübergehendes Phänomen. Wo dennoch einige Eiszungen Zuwächse verzeichneten wie in Neuseeland, handle es sich „um isolierte Fälle“.

Aussagen, die Vladimir Aizen von der Universität von Idaho nur unterstreichen kann. In den Hochgebirgen Zentralasiens, im Himalaya, Pamir, Altai oder Hindukusch: Überall wichen die Eisgiganten. In den vergangenen 150 Jahren seien 40 Prozent der Gletscherfläche verschwunden, sagt Aizen. Doch sein Blick gilt nicht dem Meeresspiegel. Er gilt dem Wasser selbst. „Die Gletscher der Hochgebirge sind die Süßwasserreservoirs Asiens.“ Was passiert denn, wenn am dicht besiedelten Fuß der Berge das Frischwasser ausbleibt?, fragt er etwas ratlos. —Wärmepumpe in Gefahr

### INTERVIEW

## ZEIT ZUM HANDELN

Der Physiker und Ozeanograph Stefan Rahmstorf gehört zu den angesehensten deutschen Klimaforschern. Seit 1996 untersucht er am Potsdam Institut für Klimafolgenforschung die Rolle der Meeresströme bei Klimaänderungen. Rahmstorf berät die Bundesregierung in Fragen des Klimawandels. Wir fragen ihn nach dem Ernst der Lage.



S. Rahmstorf

Herr Rahmstorf, welche Auswirkungen hätte der Ausfall der Nordatlantischen Zirkulation auf unser Klima?

Sie wollen von mir Zahlen hören. Aber derzeit läuft noch die Auswertung unseres Forschungsprojekts. Ich kann aber sagen, dass es zu einem Anstieg des Meeresspiegels um etwa einen Meter kommen wird. Möglich ist auch eine relative Abkühlung in Westeuropa.

Also würde sich hier die globale Erwärmung nicht so stark auswirken? Wie gesagt, genaue Zahlen gibt es noch nicht. Das hängt auch vom Zeitpunkt ab, an dem die Nordatlantische Strömung abreißt. Möglich, dass die Temperaturen nicht unter das heutige Niveau fallen. Es kann aber auch anders sein. Jedenfalls wird die globale Erwärmung durch eine Abkühlung bei uns nie kompensiert werden können.

Sehen Sie Anzeichen dafür, dass die Nordatlantische Zirkulation schon bald abreißen könnte?

Für die kommenden Jahrzehnte noch nicht. Aber wir müssen trotzdem handeln. Selbst wenn wir jetzt den Ausstoß von Treibhausgasen stoppen, wird sich das erst langfristig positiv auf die Atmosphäre auswirken. Die Tatsachen liegen auf dem Tisch. Aber es geschieht nichts.

Ist es für Sie als Wissenschaftler nicht deprimierend, zu warnen ohne dass etwas passiert?

Sicher. Aber es gibt ja Hoffungszeichen, beispielsweise das Kyoto-Protokoll. Das ist politisch betrachtet ein großer Erfolg. Und auch die USA werden nach Bush wieder beim Klimaschutz mitmachen müssen.

Der grönländische Eisschild taut schneller ab als erwartet. Dadurch ist der Handlungsdruck noch größer. Die dramatischen Befunde verstärken unsere Sorgen.

Sind Sie dennoch optimistisch? Die EU hat die Situation erkannt. Außerdem habe ich hohe Erwartungen an die neue politische Konstellation in Deutschland. Die könnte etwas bewegen. Das Wichtigste ist, dass gehandelt wird. Wir Wissenschaftler brauchen nicht mehr Geld für Forschung. Wir wissen schon genug. Jetzt muss etwas passieren.

Sind die Menschen nicht müde, ständig vom Klimawandel zu hören? Es wird immer wichtiger, dass wir Wissenschaftler nicht nur warnen, sondern dass wir auch Lösungen aufzeigen. Wir dürfen nicht immerzu das Gefühl vermitteln: Jetzt ist doch nichts mehr zu ändern. Dem ist nämlich nicht so. (arts/Foto: privat)

### KALEIDOSKOP

## Nützliche Gesten und die Zukunft im Meer

Neue Studien zu Lernverhalten und Bodenschätzen

### Wie Schüler besser lernen

„Die Gestik hat Einfluss auf den Lernerfolg“, sagt Susan Goldin-Meadow, Psychologin an der Universität von Chicago. Wie sie herausgefunden hat, lernen Schüler besser, wenn Lehrer einen Sachverhalt nicht nur mit Worten erklären, sondern auch mit Gesten. Besonders effektiv lernen sie aber, wenn die Hände des Lehrers eine andere Information transportieren als die Worte.

Dies entdeckte Goldin-Meadow bei einem Experiment mit 160 Schülern im Alter zwischen acht und zehn Jahren. Es ging um mathematische Gleichungen. Einer Gruppe wurde nur gesagt, wie die Gleichung  $6 + 4 + 3 = x + 3$  zu lösen ist. Bei der nächsten nahm der Lehrer die Hände zu Hilfe und erläuterte den Lösungsweg, indem er auf die zu addierenden Zahlen zeigte. Der dritten schließlich wurde ein unterschiedlicher Lösungsweg gezeigt, aber mit denselben Worten wie in der ersten Gruppe beschrieben.

Genau diese Gruppe war es, die das Problem hinterher am besten lösen konnte. Dass der Lerneffekt offenbar größer ist, wenn die Inhalte von Sprache und Gebärden nicht „passgenau“ sind, hat selbst die Psychologin etwas überrascht. „Passungenaue Gestik erlaubt dem Sprecher, einen zweiten Lösungsweg hinzuzufügen“, glaubt Goldin-Meadow die Ursache ausgemacht zu haben. „Gestik per se fördert das Lernen nicht. Nur dann, wenn sie abweichende Informationen transportiert.“ Ihre Schlussfolge-

rung, die sie gern in den Schulalltag transportiert sähe: Wenn Schülern über Sprache und Gestik zwei unterschiedliche Lösungswege präsentiert werden, lösen sie Probleme besser. Zumindest mathematische. (arts)

### Schätze aus der Tiefe

Steven Scott liebt „Schwarze Raucher“. Strukturen auf dem Ozeanboden. Mit ihrer Hilfe will der Bergbau-Geologe an der Universität Toronto den Rohstoffhunger der Menschheit stillen. Denn „Schwarze Raucher“ sind reich an Metallen, an Zink, Kupfer, Eisen und Gold. Sie entstehen, wenn Ozeanwasser in vulkanischen Zonen durch Spalten in den Untergrund sickert, sich aufheizt und wieder nach oben sprudelt, wobei es Mineralien aus dem Gestein löst. Kommt es mit kaltem Tiefenwasser in Kontakt, fallen die Mineralien aus, schlotartige Strukturen bilden sich. Die stürzen irgendwann zusammen, stapeln sich zu Lagerstätten.

„Einige dieser Ablagerungen sind größer und erhaltlicher als die an Land“, hat Scott entdeckt. Und: „Der Abbau muss nicht teuer sein als der an Land.“ Es sei ja einfacher, durch 2000 Meter Wasser zu bohren als durch Festgestein. Schon bald, glaubt Scott, werden Tauchroboter den Meeressgrund nach Erzlagerstätten aus einstigen „Rauchern“ abgrasen, Förderplattformen über die Meere treiben. Aber: Einen „gewissen Verlust an maritimen Lebensräumen“ werde es auch geben, räumt Scott ein. (arts)

## Wärmepumpe in Gefahr

Experte: Mehr Schmelzwasser im Ozean könnte Europas Klima verändern

Steigende Temperaturen lassen die Eisschilde der Erde schmelzen und den Meeresspiegel steigen – alarmierend genug, findet der deutsche Klimaforscher Stefan Rahmstorf. Aber das ist noch nicht alles: Die Zunahme des Frischwassers im Ozean könnte nach seinen Ergebnissen die Meeresströmungen durcheinander bringen. Und Europa ein deutlich kühleres Klima bescheren.

Die Schlüsselrolle in Rahmstoffs Untersuchungen am Potsdam Institut für Klimafolgenforschung spielen die Wassermassen, die sich träge durch den Nordatlantik wälzen: der Golfstrom und sein nördlicher Ausläufer, die Nordatlantische Strömung. Diese umspült bis hinauf zum Nordkap die Gesteade Europas – mit Warmwasser. Was dafür sorgt, dass es im Westen des Kontinents deutlich wärmer ist als sonst auf diesem Breitenkreis üblich. „Die Meeresströme wirken wie eine Zentralheizung“, sagt Rahmstorf. Das Wasser, aufgeheizt unter tropischer Sonne, transportiert Wärme nach Norden. Dort kühlt es ab, sinkt in die Tiefe und strömt am Meeresgrund zurück. Die auf dem Weg abgegebene Wärme bewirkt über den Westwind Europas ganzjährig mildes Klima.

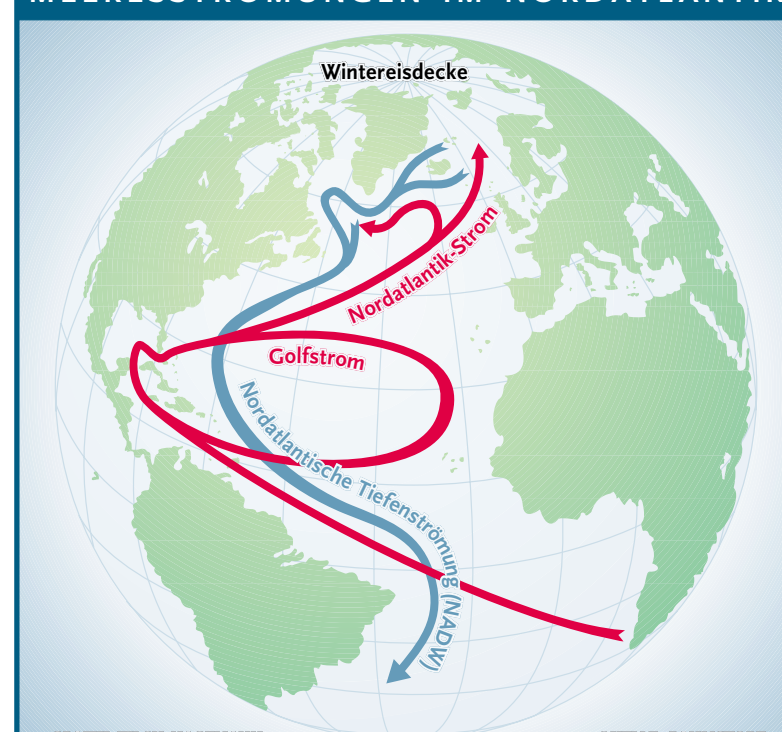
Doch mit dem Schmelzen der nördlichen Eiskappe könnte das System abrupt enden. So haben Eisbohrkerne aus Grönland gezeigt, dass es in der Vergangenheit Phasen gab, in denen sich die klimatischen Bedingungen in wenigen Jahren änderten. „Klimastürze“ nennt das Rahmstorf. Es wurde kalt auf der Nordhalbkugel. Zwar sind die Ursachen noch nicht ganz verstanden. Klar ist aber laut Rahmstorf, dass sie auf veränderten Strömungsverhältnissen im Ozean beruhen: Die Wärmepumpe Nordatlantische Strömung riss ab.

Als Grund vermutet der Physiker eine Zunahme des Frischwassers in den Weltmeeren, etwa infolge schmelzenden Eises. Denn die Ströme im Nordatlantik werden von Dichteunterschieden im Meerwasser angetrieben. Die werden wiederum über den Salzgehalt gesteuert. Wird das Ozeanwasser verdünnt, weil große Mengen Süßwasser in die Meere gelangen, fällt dieser Steuerungsmechanismus aus. Die Strömungen kommen zum Erliegen oder verlagern sich nach Süden, außerhalb des Frischwassereinflusses. Damit aber endet die Wärmelieferung,

was laut Rahmstorf zu einer Abkühlung in Europa führen würde. „Aber nicht zu einer Eiszeit“, versichert er.

Wie viel Frischwasser ist nötig, um den Strömungsverlauf zu ändern? Rahmstorf weiß darauf keine konkrete Antwort. Aber seine Beobachtungen lassen vermuten, dass die kritische Marke nicht mehr allzu weit entfernt liegt. Schon gebe es Anzeichen, dass sich die Strömung verlangsamt. Dass sich die Gefahr besteht, glaubt der Experte indes nicht. Aber: „Je stärker die globale Erwärmung, desto mehr steigt die Wahrscheinlichkeit.“ (arts) —Interview

### MEERESSTRÖMUNGEN IM NORDATLANTIK



GRAFIK: TILCH HAGEMANN

QUELLE: RAHMSTORF