

**Zeitschrift:** Horizonte : Schweizer Forschungsmagazin  
**Herausgeber:** Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaftlichen  
Forschung  
**Band:** - (1995)  
**Heft:** 27

**Artikel:** Der Klimawandel könnte rasch und heftig erfolgen  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-967796>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 01.05.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Der Klimawandel könnte rasch und heftig erfolgen

Wie entwickelt sich das Klima in näherer Zukunft? Trotz engagierter Medienkontroversen bleibt diese Frage noch immer offen. Physiker der Universität Bern wissen indes, dass ein Klimawandel sehr rasch und heftig eintreten könnte – nach dem Beispiel historischer Temperatursprünge, wie sie sich in den letzten 160 000 Jahren mehrmals ereignet haben.

Im Labor der Abteilung für Klima- und Umweltphysik am Physikalischen Institut der Universität Bern zeigt das Thermometer -25 Grad Celsius: etwas gar kalt für Menschen Mitteleuropas, aber ideal zum Aufbewahren und Verarbeiten von Eisbohrkernen aus Grönland.

Warm eingepackt macht sich ein Forscher in der Kältekammer an die Arbeit. Im Vakuum zerkleinert er einen Eiswürfel, um die darin eingeschlossenen winzigen Luftblasen freizusetzen. Dies erfordert äusserste Genauigkeit, denn jede noch so geringe Verunreinigung der mehrere 10 000 Jahre alten Probe würde das Ergebnis verfälschen. Aus dem Eis befreit, gelangen die Gase durch feine Schläuche zu verschiedenen Analysegeräten.

Auf diese Weise misst das Team von Prof. Bernhard Stauffer vor allem die in den Blasen eingeschlossenen Treibhausgase *Kohlendioxid* ( $\text{CO}_2$ ) und *Methan* ( $\text{CH}_4$ ), deren Konzentration in der Atmosphäre während der beiden letzten Jahrhunderte markant zugenommen hat. Ferner wird der Gehalt an *Sauerstoff-18* ( $^{18}\text{O}$ ) bestimmt; dieses Sauerstoff-Isotop ist schwerer als der gewöhnliche Sauerstoff-16 ( $^{16}\text{O}$ ).

Tausende verschiedener Messungen erlauben es schliesslich, klimaabhängige Schwankungen im Verlauf der jüngeren Erdgeschichte zu verfolgen: Veränderungen im Gehalt der atmosphärischen Treibhausgase; Vorstösse und Rückzüge polarer Eismassen; Hebungen und Senkungen des Meeresspiegels.

Während der Kälteperioden sinkt jeweils der Meeresspiegel, da dann viel Wasser in den polaren Gletschern

gebunden bleibt. Gleichzeitig verschiebt sich das Verhältnis zwischen  $^{18}\text{O}$  und  $^{16}\text{O}$ : Im Meerwasser reichert sich das schwerere, in Gletschern hingegen das leichtere Sauerstoff-Isotop an. Messungen der Isotopenverhältnisse der Eisproben aus Grönland liefern daher Hinweise auf die Temperaturen der entsprechenden Zeitabschnitte.

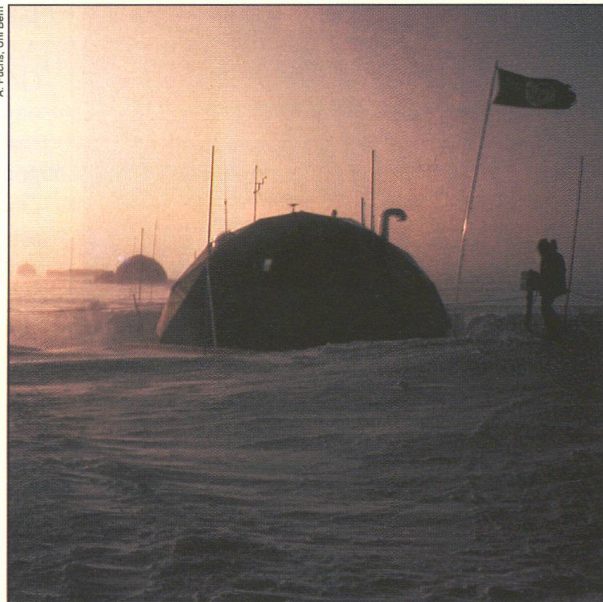
1989 wurde in Zusammenarbeit von acht europäischen Ländern, darunter der Schweiz, auf dem höchsten Punkt des grönländischen Eisschildes eine Forschungsstation eingerichtet, «Summit». Im Rahmen des Programms GRIP (Greenland Ice Core Project) bohrten anschliessend Wissenschaftler und Techniker in den Sommern 1990-1992 ein 3200 Meter tiefes Loch durchs Eis und entnahmen – damals Weltrekord – einen ebenso langen Bohrkern.

Je dicker das Eis, desto älter die Eisschichten in der Tiefe – und um so interessanter die daraus gewonnenen Informationen für die Klimageschichte. Dank GRIP

liessen sich nun die Klimaschwankungen von nahezu 200 000 Jahren rekonstruieren.

Den Bohrkern aus durchscheinendem Eis in 2,5 Meter langen Teilstücken zu gewinnen, war ein heikles Unterfangen. Wegen des hohen Druckes in grosser Tiefe musste die Mechanik zum Ausbohren der einzelnen Tranchen – an der Universität Bern entwickelt – mit äusserster Sorgfalt bedient werden, denn jede Erschütterung hätte zum Zerspringen des Eises und zum Verlust wertvoller Daten geführt.

Auch nach dem Hochziehen genossen die Proben eine Vorzugsbehandlung: kein Berühren mit blosser Hand



«Summit»: Auf der höchsten Erhebung Grönlands (3240 m ü.M.) haben Wissenschaftler einen 3200 Meter langen Eisbohrkern gewonnen.



**Oben: Das Nervenzentrum des GRIP-Projekts; diese Kuppel beherbergt die Bohrinstrumente.**

**Rechts: Prof. Stauffer beim Zerschneiden eines Eisbohrkerns bei -25 Grad Celsius.**



(denn der thermische Schock hätte das Eis zerbersten lassen), Lagerung am Bohrplatz bei -25 Grad Celsius während eines ganzen Jahres (damit die inneren Spannungen vor dem Versand nach Europa abklingen konnten).

«Wir hatten nur ganz wenige Pannen», erzählt Andreas Fuchs, der als Mitglied des Schweizer Physiker-Teams in Grönland weilte. «Einmal freilich wäre es fast zu einer Katastrophe gekommen. Beim Schmieren fiel ein Werkzeug Hunderte von Metern tief ins Bohrloch, doch unsere Techniker konnten es mit Hilfe eines Magneten an einem Kabel wieder hochziehen – sonst hätten wir die Bohrung abbrechen müssen.»

Aber zurück zur Auswertung der gesammelten Eisproben. Um die Klimaschwankungen, die in der Luftzusammensetzung von in Eis eingeschlossenen Blasen dokumentiert sind, erdgeschichtlich einordnen zu können, mussten die Forscher der Universität Bern das Alter jeder Eisprobe kennen. Dabei konnten sie auf Messungen ihrer Kollegen der Universität Kopenhagen zurückgreifen, die ebenfalls im Rahmen von GRIP gemacht worden waren: Die Dänen hatten die Bohrkerne in ihrer Gesamtlänge von mehr als drei Kilometern datiert.

Aufgrund dieser genauen Zeitmarken erwies es sich, dass der Meeresspiegel vor ungefähr 20 000 Jahren, gegen Ende der letzten Eiszeit (Würm), um volle 110 Meter

tief lag als heute. Eine ähnliche Situation gab es vor 160 000 bis 130 000 Jahren in der Schlussphase der vorletzten Eiszeit (Riss). Zwischen diesen beiden Minima schwankte der Meeresspiegel ständig: Wenn in Wärmeperioden viel Schmelzwasser frei wurde, stieg er an; bei Rückkehr der Kälte fand sich vermehrt Wasser in den Gletschern gebunden, so dass die Meeresoberfläche wieder tiefer lag.

Solche klimatischen Rhythmen haben ihre Ursache in der *Himmelsmechanik*. Im Laufe der Jahrtausende ist die Ellipse der Erdbahn um die Sonne nämlich gesetzmäßigen Veränderungen unterworfen; ferner ändert sich, ebenfalls zyklisch, die Neigung der Rotationsachse der Erde.

## Wärmeschocks

Überlagert sind die längerfristigen Zyklen durch häufig auftretende kurzperiodische Klimaschwankungen von 500 bis 2000 Jahren Dauer, wie sie nun durch die Analyse der Eisbohrkerne aus Grönland bestätigt wurden. Alle beginnen mit einer markanten, sehr raschen Erwärmung: Nur in wenigen Jahrzehnten stieg jeweils die Oberflächentemperatur des Nordatlantiks um fünf oder mehr Grad! Auf diese Wärmeschocks folgt eine entweder ebenso schnelle oder aber

eine allmähliche Abkühlung.

Natürliche Schwankungen dieser Art sind in zeitlicher Abfolge und Amplitude vergleichbar mit den extremen Szenarien zu dem durch menschliche Tätigkeit ausgelösten Klimawandel. Demnach wäre bis zur Mitte des nächsten Jahrhunderts für weite Gebiete eine Erwärmung

Isotopen des Wassers	Temperaturen in Grönland
Staub, Ionen, Isotopen, <sup>10</sup> Beryllium, <sup>36</sup> Chlor	Niederschlagsmengen, Volumen des Gletschereises
Staub, Ionen	atmosphärische Zirkulation
CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub>	Treibhauseffekt
SO <sub>4</sub> , Isotopen von Kohlenstoff und Sauerstoff	Kreisläufe von Schwefel, Kohlenstoff und Sauerstoff
CH <sub>4</sub> , Formaldehyd, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Chemie der Atmosphäre
<sup>10</sup> Beryllium, <sup>36</sup> Chlor	Sonnenaktivität
elektrische Leitfähigkeit, SO <sub>4</sub>	Vulkanismus
<sup>18</sup> O des atmosphärischen O <sub>2</sub>	Meeresspiegelschwankungen
CH <sub>4</sub> , NH <sub>4</sub>	biologische Aktivität
Das grönländische Gletschereis und die darin seit Jahrtausenden eingeschlossenen Luftblasen enthalten verschiedene Schlüssel (in Form von Staub, Gasen, Ionen, Isotopen) zu Erkenntnissen über Klimaschwankungen der Vergangenheit. Unsere Zusammenstellung zeigt diese Zusammenhänge.	

um 4,5 Grad Celsius möglich.

Wie die Berner Physiker ebenfalls festgestellt haben, laufen im Gleichschritt mit den raschen Temperaturerhöhungen weitere Veränderungen ab. Dies betrifft etwa die Konzentration der Kalzium-Ionen ( $\text{Ca}^{++}$ ) im Grönlandeis. «Dieses Kalzium stammt hauptsächlich aus Wüstengebieten und wurde durch starke Winde in den hohen Norden verfrachtet», erklärt Prof. Thomas Stocker, Leiter der Abteilung für Klima- und Umweltphysik. «Eine Zunahme des Kalziumgehalts in gewissen Eisschichten könnte bedeuten, dass Windströmungen ihre Bahnen verändert oder dass die Wüsten an Ausdehnung gewonnen haben – oder eine Kombination von beiden Faktoren.»

Was die Treibhausgase angeht, haben Prof. Stauffer und Thomas Blunier zusammen mit französischen Kollegen als erste die Veränderungen in der Methan-Konzentration über mehrere 10 000 Jahre hinweg verfolgt. Methan ist nach Wasserdampf und Kohlendioxid das wichtigste Treibhausgas; seine Schwankungen lassen sich zeitlich ebenfalls sehr gut mit den Wärmeschocks in Einklang bringen.

## Blockierter Golfstrom

Seit mehreren Jahren befasst sich Prof. Stocker mit den Ursachen für die im Grönlandeis dokumentierten Klimasprünge. «Die Ozeane spielten sicher eine entscheidende Rolle», sagt er. «Sie funktionieren ähnlich wie Warmwasserheizungen und können mit ihren Strömungen innert kurzer Zeit grosse Mengen Wärmeenergie über weite Strecken verfrachten. Wahrscheinlich führten Veränderungen der Strömungsmuster im Atlantik jeweils zu den raschen, markanten Erwärmungen.»

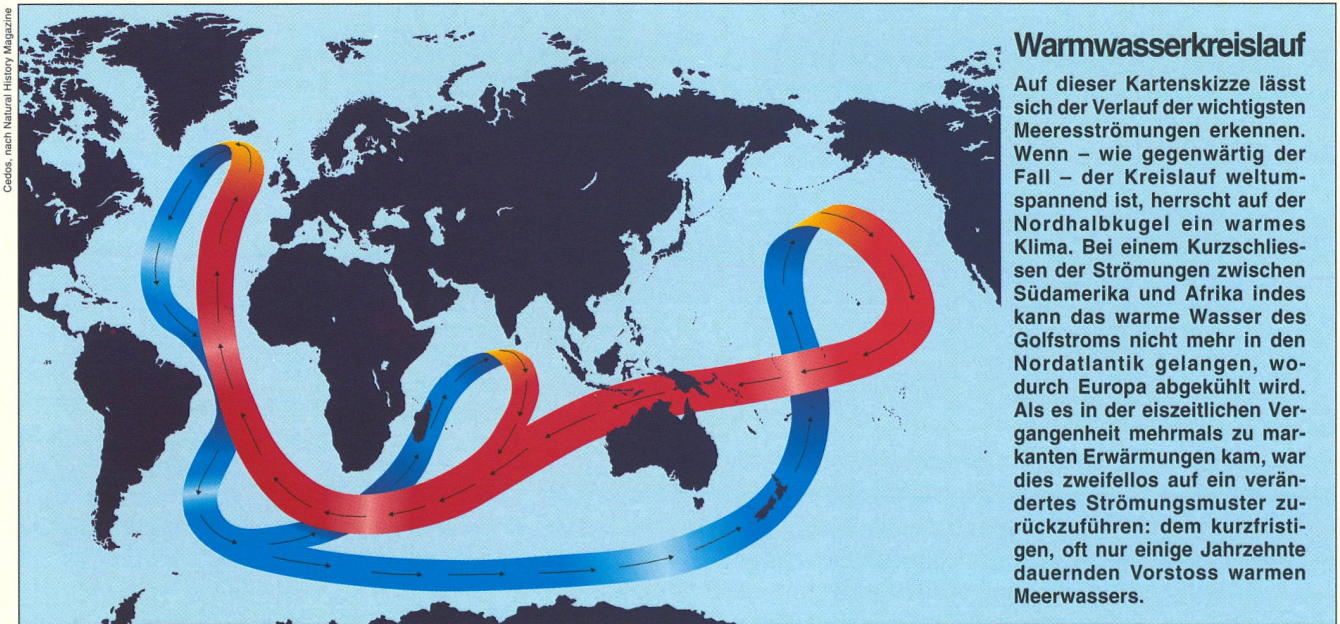
Um diese These zu testen, studiert Stocker die

Meeresströmungen in Computermodellen. Die aufwendigsten von ihnen berücksichtigen Zustandsänderungen der gesamten Wassermasse in drei Dimensionen. Auf diese Weise lässt sich das Vordringen warmer Strömungen bis weit nach Norden simulieren – vergleichbar dem heutigen Golfstrom. Blockiert man hingegen in der Modellrechnung die Warmwasserzufuhr, wird es in den hohen Breiten rasch kälter.

Und wie müsste die Südhalbkugel auf eine solche Entwicklung reagieren? Um dies zu erfahren – und vor allem um zu ergründen, ob die Klimaveränderungen in den beiden Polarregionen synchron verlaufen –, werden sich Schweizer Wissenschaftler demnächst in die Antarktis begeben. Dort startet als Nachfolge von GRIP das internationale Forschungsprojekt EPICA (European Project for Ice Coring in Antarctica).

### Wissenschaftlich gesichert ist,

- ✓ dass sich am Übergang von der letzten Eiszeit zur Nacheiszeit (Holozän) vor rund 11 000 Jahren eine weltweite Erwärmung um 5 bis 7 Grad Celsius ereignet hat. Dieser Betrag entspricht den Schätzungen für das kommende Jahrhundert in den hohen Breiten.
- ✓ dass diese weltweite Erwärmung vor 11 000 Jahren von einem markanten Anstieg aller wichtigen Treibhausgase begleitet wurde.
- ✓ dass in den letzten 10 000 Jahren bis zum Beginn des Industriezeitalters die Konzentrationen der Treibhausgase um nie mehr als 10% schwankten. Seit 1850 ist diese Bandbreite massiv durchbrochen worden.
- ✓ dass die beobachteten Klimaveränderungen der Vergangenheit mit einer Instabilität klimabestimmender Faktoren zusammenhängen. Einige heftige Schwankungen erfolgten sehr rasch, das heisst innert Jahrzehnten, und dauerten damit kürzer als ein Menschenleben.



### Warmwasserkreislauf

Auf dieser Kartenskizze lässt sich der Verlauf der wichtigsten Meeresströmungen erkennen. Wenn – wie gegenwärtig der Fall – der Kreislauf weltumspannend ist, herrscht auf der Nordhalbkugel ein warmes Klima. Bei einem Kurzschliessen der Strömungen zwischen Südamerika und Afrika indes kann das warme Wasser des Golfstroms nicht mehr in den Nordatlantik gelangen, wodurch Europa abgekühlt wird. Als es in der eiszeitlichen Vergangenheit mehrmals zu markanten Erwärmungen kam, war dies zweifellos auf ein verändertes Strömungsmuster zurückzuführen: dem kurzfristigen, oft nur einige Jahrzehnte dauernden Vorstoss warmen Meerwassers.

Cedros, nach Natural History Magazine