

# Der Ozean als Schrittmacher für Klimaänderung

Autor(en): **Stocker, Thomas / Schorer, Michael**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Berner Geographische Mitteilungen : Mitteilungen der  
Geographischen Gesellschaft Bern und Jahresbericht des  
Geographischen Institutes der Universität Bern**

Band (Jahr): - **(1998-1999)**

PDF erstellt am: **17.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-322491>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Der Ozean als Schrittmacher für Klimaänderung

Prof. Dr. Thomas Stocker, Physikalisches Institut, Universität Bern, 26. Januar 1999

Die Ozeane sind eine der wichtigsten Steuerungskomponenten im Klimasystem der Erde. Thomas Stocker, Leiter der Abteilung für Klima- und Umweltphysik am Physikalischen Institut der Universität Bern, legte in seinem Referat dar, dass die Dynamik der Meeresströmungen entscheidend mit den Klimaänderungen der Vergangenheit gekoppelt war – und dass insbesondere die Wasserzirkulation im Atlantik bei schneller Erwärmung der Atmosphäre als Folge des verstärkten Treibhauseffekts plötzlich kippen kann, mit vielfältigen und schwer abschätzbaren Folgen für das Erdklima.

Die Ausgangslage: 70 % der Erde sind von Ozeanen bedeckt, in denen 99,9 % der an der Erdoberfläche verfügbaren Wärmeenergie gespeichert sind. Meeresströmungen und die Atmosphäre sind zu je rund 50 % verantwortlich, dass der Wärmeüberschuss der Tropen nach Norden bzw. Süden abtransportiert und dadurch die Temperaturdifferenz zwischen den Polen und dem Äquator gemildert wird.

Der Wärmetransport in den Ozeanen erfolgt allerdings sehr unterschiedlich: Während im Pazifik die Wärme ungefähr symmetrisch nach Norden und Süden transportiert wird, tanzt der Atlantik aus der Reihe. Das weltweit einzigartige Phänomen des Golfstroms sorgt dafür, dass auch die Wärme aus dem Südatlantik in den Norden gelangt. Dazu kommt, dass das warme Wasser sehr weit bis in die Polarregion vorstösst, was im Pazifik u.a. wegen der Landbarrieren rund um die Beringstrasse nicht möglich ist.

Seit rund 40 Jahren ist bekannt, dass es ein globales Förderband gibt, den "Great Ocean Conveyor Belt". Vereinfacht funktioniert er so: Der Golfstrom transportiert warmes Wasser in den hohen Norden. Daraus resultiert dort ein grosses Temperaturgefälle zwischen Atmosphäre und Meerwasser, was den intensiven Wärmeübergang vom Wasser in die Luft bewirkt. Das dadurch abgekühlte Wasser sinkt wegen seiner erhöhten Dichte ab, fliesst in der Tiefe zurück nach Süden und gelangt via Südatlantik und Indischen Ozean in den Pazifik, wo es wieder aufquillt. Von da fliesst das erneut aufgewärmte Wasser über komplexe Strömungssysteme den ganzen Weg zurück in den Golfstrom und der Kreislauf beginnt von Neuem.

Die Meeresströmungen im Atlantik wirken daher als eigentliche Wärmepumpe. Das Beunruhigende: Diese Pumpe kann plötzlich an- und abstellen. Die Klimarekonstruktion der letzten 100'000 Jahre hat dies belegt. So sind beispielsweise in der

Jüngeren Dryas – in der Zeit zwischen 14'450 und 11'650 Jahren vor heute, am Ende der letzten Eiszeit – zumindest im Nordatlantik die Lufttemperaturen erst rasant gestiegen, dann plötzlich wieder abgefallen, um schliesslich erneut schnell anzusteigen.

Weltweite Forschungsarbeiten, an denen das Berner Physikalische Institut und der kürzlich verstorbene Prof. Hans Oeschger massgeblichen Anteil hatten, zeigen das folgende Bild: Immer wenn sich Atlantik und Pazifik im Norden abkühlten, kam es zu einer kompensatorischen Erwärmung auf der Südhalbkugel und umgekehrt – ein Phänomen, das Thomas Stocker als "bipolare Klimaschaukel" bezeichnet. Wobei noch ungeklärt ist, ob der Auslöser dieses Ping-Pong-Spiels im hohen Norden oder in den Tropen zu suchen ist.

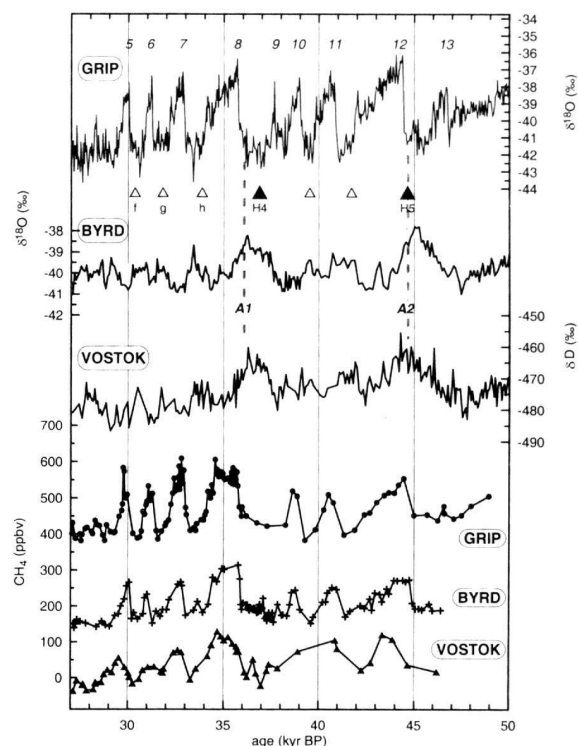


Abb 1: Die Klimaschaukel:

Dargestellt sind die Klimaschwankungen in der Zeit zwischen 27'000 und 50'000 Jahren vor heute in Grönland (GRIP) und an den beiden Stationen BYRD und VOSTOK in der Antarktis anhand der Schwankungen der Sauerstoff-Isotopenverhältnisse im Eis (obere drei Kurven; die unteren drei Kurven dienen der Synchronisation und zeigen die Methankonzentrationen). Der Vergleich der Kurven zeigt u.a., dass den plötzlichen Erwärmungen im Norden bei den Ereignissen 8 und 12 eine längere Aufwärmphase am Südpol vorausging, die wiederum in eine Abkühlphase umschlug, als die Temperaturen im Norden schlagartig anstiegen (Ereignisse A1 und A2). Bei den kürzeren nördlichen Ereignissen 5, 6, 9 und 10 hingegen konnten keine eindeutigen Veränderungen am Südpol entdeckt werden.

Quelle: (Verändert nach Blunier et al., 1998: Asynchrony of Antarctic and Greenland climate change during the last glacial period. Nature 394, 739-743)

Das Entscheidende dabei: Bei der Interaktion zwischen Ozean und Atmosphäre handelt es sich um ein nicht-lineares System. Das heisst, dass es zu schlagartigen Veränderungen kommt, wenn bestimmte klimatische Schwellenwerte auch nur in geringem Mass überschritten werden.

Spannend nun die Frage: Was macht der Golfstrom, wenn der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Atmosphäre und damit die Temperatur weiter ansteigt? Immerhin liegt die CO<sub>2</sub>-Konzentration heute höher als jemals zuvor in den letzten 500'000 Jahren!

Einschlägige Modellrechnungen zeigen: Steigt der CO<sub>2</sub>-Gehalt in Zukunft langsam an (1 % pro Jahr), dürfte der Golfstrom nur gering abgeschwächt werden, weil die zusätzliche Wärme durch die natürliche Wärmeleitung des Wasser in die Tiefe abgeführt werden kann. Steigt der CO<sub>2</sub>-Gehalt jedoch um 2 % pro Jahr an, kann die an der Oberfläche des Ozeans anfallende Wärme nicht schnell genug nach unten abgeführt werden. Die oberen Wasserschichten erwärmen sich stark, und es bildet sich ein "Deckel" von spezifisch leichtem Wasser. Konsequenz: Die atlantische Wärmepumpe stellt ab, mit der paradoxen Folge, dass trotz weltweiter Erwärmung das Klima rund um den Nordatlantik kälter würde.

Der verstärkte Treibhauseffekt könnte demnach das heutige Gleichgewicht Ozean/Atmosphäre massiv stören. Wo die Schwellenwerte liegen, die zum Kippen des Systems führen, ist Gegenstand der aktuellen Forschung.

Michael Schorer

---

## Landschaftskontraste Neuseelands

*Prof. Dr. Dieter Kelletat, Geographisches Institut, Universität Essen, 2. Februar 1999*

**Neuseeland, Antipode zu good old Europe, ist weiter von Bern entfernt als der Südpol. Gelegentlich als Schweiz der Südsee bezeichnet, verbindet Neuseeland zwar eine Vielzahl naturräumlicher und wirtschaftlicher Ähnlichkeiten mit dem Alpenland. Der Reiz, den Neuseeland auf die jährlich mehr als 1.4 Millionen ausländischen Besucher ausübt, beruht jedoch stärker auf den Kontrasten als Parallelen, welche die zwei Hauptinseln bieten. Landschaftskontraste standen denn auch im Zentrum des Lichtbildvortrags von Dieter Kelletat.**

Auf den europäischen Sektor der Weltkugel projiziert, würden sich die beiden Hauptinseln mitsamt Stewart Island von Zürich bis zur tunesischen Insel Djerba in der Kleinen Syrte erstrecken. Das entspricht einer Distanz von mehr als 1600 Kilometer. Allein diese Tatsache provoziert Kontraste

klimatischer Natur. Neuseeland ist in weiten Teilen in die südhemisphärische Westwinddrift eingebettet. Ausläufer der "Roaring Forties" bestimmen vor allem die hohen Niederschlagssummen entlang der Westküste der Südinsel. Doch auch nach Norden hin ist die Westwindzone wirksam. Gelegentlich machen sich über der Nordinsel Ausläufer tropischer Wirbelstürme aus dem Westpazifik bemerkbar. Bedingt durch die allgegenwärtige Orographie, sind die lokalen Wetterbedingungen äusserst vielgestaltig und lassen sich oft nicht nur mit Luv- und Lee - Effekten der Westwinddrift erklären. Zwar befindet sich ein Grossteil Neuseelands strahlungsklimatisch in subtropischen Breitenlagen des Mittelmeerraums. Trotzdem liegen die Mitteltemperaturen des wärmstens Monats rund 7 Grad unter jenen vergleichbarer Stationen im Mittelmeerraum. Hier widerspiegelt sich die "Nähe" zum antarktischen Kontinent.

Neuseeland ist vor allem Gebirgsland. Mehr als 20 Gipfel der Südinsel sind höher als 3'000 Meter und stehen quer zur vorherrschenden Westströmung. Ausgeprägte Vergletscherung ist die Folge. Bekannteste Beispiele bieten der Mt. Cook (3'764 m) und der Mt. Aspiring (3'039 m). Beide Hochgebirgsregionen sind als Nationalparks ausgeschieden. Ähnlich wie in den Alpen erreichten die Gletscher auf der Südinsel in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts ihr letztes Maximum. Fotografien vom Fox und Franz Josef Gletscher belegen die Ausdehnung des Zungenbereichs sehr eindrücklich. Gletscher spielten bei der Landschaftsgestaltung der Südwestecke der Südinsel bereits vor 12'000 Jahren eine entscheidende Rolle. Seit dem Rückgang des Eises zeugen grossartige Fjordlandschaften, zum Teil mit Hängetälern versehen, von den ehemals formgebenden Kräften. Echolotungen haben ergeben, dass die Fjorde ähnlich wie in Norwegen und Alaska bis 1'000 Meter unter den aktuellen Meeresspiegel reichen. Zu den bekanntesten Fjordlandschaften Neuseelands gehört jene des Milford Sounds.

Ein Wechsel auf die Ostseite der häufig sehr verwinkelten Wasserscheide, führt in Trockengebiete, von denen die Canterbury Plains die bekanntesten und mit 100 bis 150 Kilometern auch ausgedehntesten sind.

Aktiver Vulkanismus mit Randerscheinungen wie Geysiren, Schlammtöpfen, Thermalquellen, Sinterterrassen, Ascheschichten prägen das geologische Umfeld der Nordinsel. Sie ist klimatisch günstiger gelegen und eignet sich daher besser als die Südinsel für die Rinderzucht. Von den 3.7 Mio. Einwohnern Neuseelands lebt ein Viertel in Auckland. Etwas mehr als 300'000 verteilen sich je auf Christchurch und Wellington. Daraus ist leicht ersichtlich, dass die mittlere Bevölkerungsdichte von 13 Einwohnern pro Quadratkilometer in Wirklichkeit deutlich kleiner ist.

Dieter Kelletat umriss kurz die Geschichte des Inselstaates. Die polynesischen Ureinwohner sind