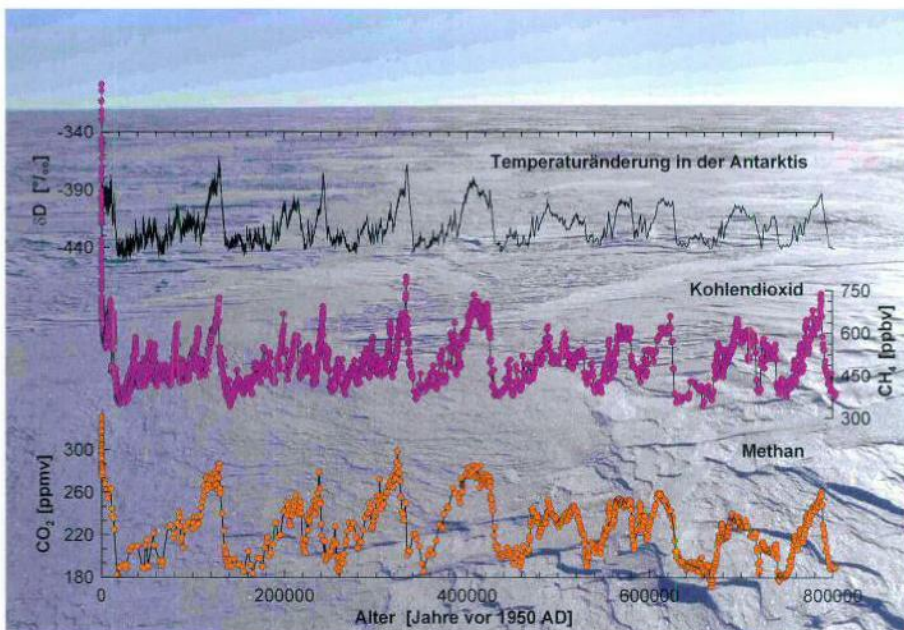


Eiskalte Forschung in einer Treibhauswelt

Eisbohrkerne aus der Antarktis liefern Klimadaten aus den letzten 800 000 Jahren, Computersimulationen Erklärungen und Handlungsoptionen. Berner Klimaforscher sind auf diesen Gebieten führend – und zwar schon seit 40 Jahren. Ein Ausflug ins ewige Eis.

Von Hubertus Fischer und Fortunat Joos



Temperatur und Treibhausgasvariationen der letzten 800 000 Jahre aus Eiskerndaten. Die schwarze, pink und orange Kurve repräsentiert die Temperaturänderungen in der Antarktis. Die Treibhauskonzentrationen vor 1750 AD repräsentieren die natürlichen Schwankungen. Seit 1750 ist ein dramatischer Anstieg zu sehen (links in der Grafik).

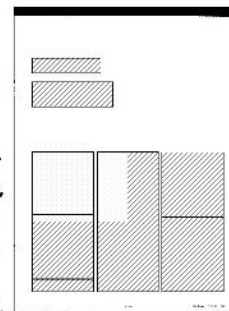
Januar, 2006, Kohlenstation, Dronning Maud Land, Antarktis, -35°C :

Eingepackt in dicke Daunenanoraks stapfen die Berner Forscher der Klima- und Umweltphysik gemeinsam mit ihren Kollegen aus vielen Ländern Europas zum Frühstück in die warme Messe. Obwohl die Sonne bereits so früh am Morgen weit über dem Horizont steht, verharrt das Thermometer bei lausigen -35°C und selbst am Mittag muss man sich mit sommerlichen -20°C begnügen. Schnee erstreckt sich in alle Richtungen bis zum Horizont, und so ist die Kohlenstation, die buchstäblich auf fast 2800 m Eis des Antarktischen Eisschildes

gebaut ist, der einzige Fixpunkt weit und breit.

Warum verirrt man sich im Berner Winter, wo man genau so gut auf Skis den Neuschnee im Berner Oberland testen könnte, in diese Eis- und Schneewüste? Der Grund ist, dass in dieser unwirtlichen Umgebung Eiskerne durch den Eispanzer der Antarktis gebohrt werden können. In diesen ist die Klimageschichte vieler tausend Jahre wie in einem Buch niedergeschrieben, und man muss es nur verstehen, mit entsprechenden umweltphysikalischen Methoden diese Information zu entziffern.

Bereits in den 1960er Jahren sahen die Klimaforscher der Universität Bern um Prof.



Hans Oeschger, zusammen mit ihren dänischen und amerikanischen Kollegen um Willi Dansgaard und Chester Langway das Potential des Klimaarchivs Eis und führten die erste tiefe Eiskernbohrung in Grönland durch. Von den ersten Bohrungen in Grönland verlief ein langer, manchmal steiniger Weg bis zu den zwei Eiskernbohrungen an der Kohnenstation und an Dome C, die bis 2006 im Rahmen des European Project for Ice Coring in Antarctica (EPICA), erbohrt wurden. Die beiden EPICA-Eiskerne stellen derzeit wohl das Nonplusultra in Sachen Eiskernforschung dar. So war es mit Hilfe dieser Eiskerne erstmals möglich, Klimadaten aus der Antarktis über die letzten 800 000 Jahre zu gewinnen und diese detailliert mit den Eiskernen aus Grönland, die nur ca. 100 000 Jahre zurückreichen, zu vergleichen.

Materialschlacht für kleinste Partikel

Auch heute noch ist eine solche Eiskernbohrung in der Antarktis kein Kinderspiel und logistisch eine gewaltige Herausforderung. Hunderte Tonnen an wissenschaftlichem und technischem Material mussten für das EPICA-Projekt in die Antarktis verschifft und mit Kettenfahrzeugen aufs Eis gezogen werden. Insgesamt sechs Kilometer Eiskern mussten wohlverpackt und eisgekühlt wieder nach Europa transportiert werden, wo der Klimaschatz dann in den Labors von zehn europäischen Ländern gehoben wurde. So wurden anhand der EPICA-Eiskerne Temperaturen, Niederschlagsraten und die Konzentrationen von winzigen Partikeln, wie beispielsweise Meersalzaerosol, Mineralstaub oder auch von extraterrestrischem Staub rekonstruiert. Eine wissenschaftliche und logistische Leistung, die 2007 von der Europäischen Union mit dem mit 450 000 Euro dotierten Descartes-Preis honoriert wurde. Doch damit noch nicht genug: Gerade jetzt sind die Berner Klimaforscher wieder mit Kollegen aus der ganzen Welt in Grönland unterwegs, um auch das älteste grönländische Eis zu finden.

Eis als Luftarchiv

Schon in den 1960er Jahren erkannten die

Berner Klimaforscher, dass nicht nur das Eis selbst von Interesse ist, sondern dass im Eis auch Luft der Vergangenheit eingeschlossen ist. Diese Luft gestattet vor allem, die Konzentrationen der Treibhausgase Kohlendioxid, Methan oder auch Lachgas, die unsere heutige menschengemachte Erderwärmung verursachen, in der Vergangenheit zu bestimmen. Tatsächlich stammten alle Informationen zu den Änderungen dieser Treibhausgase vor den 1950er Jahren des letzten Jahrhunderts aus solchen Eiskernmessungen. Die Treibhausgas-Messungen an den EPICA-Eisbohrkernen, die federführend von den Berner Klimaphysikern und ihren Kollegen aus Grenoble durchgeführt wurden, zeigen, dass die heutigen CO₂- und CH₄-Konzentrationen nie zuvor in den



Polarforscher. Im Hintergrund die Kohnenstation.

letzten 800 000 Jahren auch nur annähernd erreicht wurden (s. Grafik oben rechts). Im Gegenteil waren die Konzentrationen während der Eiszeiten sogar noch deutlich geringer als vor Beginn der Industrialisierung. Doch die Berner Wissenschaftler wollen auch verstehen, was diese Änderungen in den Treibhausgasen verursacht hat. Mit Hilfe von neuen isotopischen Untersuchungen und Computermodellen

versuchen sie der Natur auf die Schliche zu kommen und so auch besser voraussagen zu können, wie sich die menschgemachten Treibhausgasemissionen im Klimasystem ausbreiten und das Klima beeinflussen.

Daten aus Bern ...

Januar 2006, Bern, Schweiz: Während im bitterkalten ewigen Eis gebohrt wird, summien die Stromleitungen und die Hard-disks in Bern und am Nationalen Supercom-puting Zentrum in Manno im Tessin. Die Kühlaggregate laufen auf Hochtouren, um den vollgepferchten Computerraum des Physikalischen Instituts in Bern und die Grossrechner in Manno auf erträglichen Temperaturen zu halten. Simulationen mit raffinierten Erdsystem-Modellen sind gestartet.

Der wissenschaftliche Cocktail aus gemessenen Daten der Gegenwart und der Vergangenheit, kombiniert mit den Modell-formulierungen naturwissenschaftlicher Grundgesetze, der Energie und Massen-bilanz, der Gesetze der Strömungslehre, des Strahlungstransfers in der Atmosphäre, der Kohlenstoffchemie im Ozean, garniert mit mariner und terrestrischer Biologie ist wohlschmeckend und bitter zugleich. Die Resultate zeigen, warum die Treibhausgase in der Atmosphäre schwanken, warum sich das Klima ändert, welche Optionen und Risiken für die Zukunft bestehen, welche Unsicherheiten vorhanden sind, wo Gewiss-heit herrscht, und – nicht zuletzt – wo Handlungsbedarf für uns Menschen besteht.

Im Fokus steht das Treibhausgas Kohlen-dioxid. Bereits im 19. Jahrhundert misst der Brite und Erstbesteiger des Walliser Weiss-horns Tyndall die Wechselwirkungen zwischen CO₂ und Wärmestrahlung und der Nobelpreisträger Arrhenius berechnet seine Wirkung als Klimaheizung.

... für internationale Entscheidungsträger

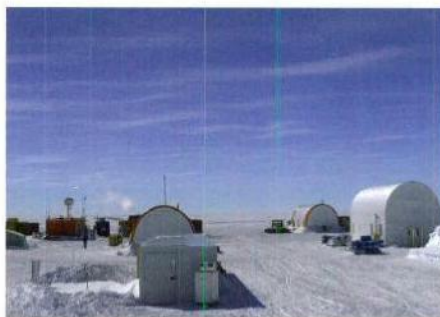
Januar 2007, Paris, Frankreich: Regierungs-vertreter aus über 100 Nationen nehmen den vierten Klimabericht des Intergovern-mental Panel on Climate Change entgegen.

Sie beugen ihre Köpfe über die Zusammen-fassung für Entscheidungsträger. Die erste Abbildung, erstellt an der Uni Bern, zeigt die Kombination aus Eisbohrkerndaten und direkten atmosphärischen CO₂-Messungen.

Das Kohlendioxid in der Atmosphäre steigt und steigt, allein in den letzten acht Jahren um 20 Konzentrationseinheiten. Dieser Anstieg entspricht der natürlichen Variation seit Ende der Steinzeit (etwa 8000 vor Christus) bis zur französischen Revolu-tion. Die heutige Zunahme erfolgt rund hundert Mal schneller als die natürlichen Schwankungen seit der letzten Eiszeit. Verantwortlich für den CO₂-Anstieg ist der



Antarktischer Eiskern.



Eiskerncamp auf Dome C.



Kettenfahrzeuge auf dem Weg zur Kohlensta-tion.

Mensch. Gigantische 30 Milliarden Tonnen CO₂ werden auch dieses Jahr durch die Verbrennung von Erdöl, Kohle und Gas ins Klimasystem eingebracht. Unser Energiehunger hat ein riesiges geophysikalisches Experiment in Gang gesetzt.

Die fortgesetzte Freisetzung von CO₂ führt nicht nur zu einer ausserordentlich raschen Klimaänderung. Die von uns angeordnete CO₂-Klimaheizung bleibt sehr lange aktiv. Die Auswirkungen der CO₂-Emissionen sind auf menschlichen Zeitskalen nicht mehr rückgängig zu machen. Von jeder Milliarde Tonne, die wir heute freisetzen, finden wir in 1000 Jahren immer noch 20 Prozent in der Atmosphäre. Ein Löwenanteil des CO₂ wird durch den Ozean aufgenommen.

April, 2009, Ny Alesund, Spitzbergen: Letzte Vorbereitungen werden getroffen, um im noch zugefrorenen Kongsfjorden Meerwasser künstlich mit CO₂ anzureichern. Das Wachstum mariner Algen wird unter die Lupe genommen. Zwischen Ny Alesund und Bern werden eifrig E-Mails ausgetauscht. Ein Bericht über die zu erwartenden räumlichen und zeitlichen Veränderungen des Säuregehalts des Ozeans wird durch eine Arbeitsgruppe des European Projects on Ocean Acidification (EPOCA) fertiggestellt. Er hilft den marinen Biologen die Bedingungen für ihr Experiment festzulegen.

Zuviel CO₂ bewirkt, dass Meerwasser die Kalkschalen mariner Algen und Korallenstrukturen angreift. Die Berner Modellresul-

tate zeigen, dass solche Bedingungen in den nächsten zehn Jahren im Arktischen Meer häufig werden. Die Auswirkungen auf die marine Nahrungskette sind aber noch weitgehend ungeklärt.

Ein Blick in die Zukunft

Dezember 2009, Kopenhagen, Dänemark: Die Regierungsvertreter verhandeln das Nachfolgeprotokoll zu der Vereinbarung von Kyoto. Die Weltgemeinschaft und die Schweiz haben sich mit der Klimarahmenkonvention von Rio 1992 verpflichtet «die Treibhausgase in der Atmosphäre zu stabilisieren und eine gefährliche, menschengemachte Störung des Klimasystems zu vermeiden». Handfeste Resultate aus Bern unterstützen den Rioprozess seit Beginn. Bereits 1978 warnten die Berner Professoren Uli Siegenthaler und Hans Oeschger im Wissenschaftsjournal «Science» vor einer gefährlichen Störung der atmosphärischen Strahlungsbilanz, wenn die CO₂-Emissionen nicht reduziert werden. Die weltweiten CO₂-Emissionen müssten in den nächsten Jahrzehnten halbiert und dann weiter vermindert werden und bestehende CO₂-freie Technologien im Markt etabliert werden, wenn die Klimaveränderung abgebrems werden soll. Neue Wachstumsmärkte stehen hier vor der Tür.

Kontakt: Prof. Dr. Hubertus Fischer und Prof. Dr. Fortunat Joos, Physikalisches Institut, Klima- und Umweltphysik, hubertus.fischer@climate.unibe.ch, joos@climate.unibe.ch