

Als Eisforscher in Dome C – ein Tagebuch

Seit 1997 sind Wissenschaftler und Techniker aus zehn europäischen Ländern in Dome Concordia daran, den rund 3250 Meter mächtigen antarktischen Eisschild zu durchbohren. Die Untersuchungen an den Eisbohrkernen sollen die längste Klimarekonstruktion dieser Art ermöglichen. Insbesondere möchte man die Zusammenhänge im Klimasystem und die Ursachen von vergangenen natürlichen Klimaschwankungen besser verstehen – wesentliche Voraussetzungen, um Klimamodelle weiterentwickeln und immer genauere Klimaprognosen für die Zukunft erstellen zu können. Im Südsommer 2001/2002 haben erneut Berner Wissenschaftler der Abteilung für Klima- und Umweltphysik an den Feldarbeiten in der Antarktis teilgenommen. Ein Tagebuch...

8.–18. November 2001 – Reise ans andere Ende der Welt

Bereits einige Wochen vor unserer Abreise haben wir zwölf grosse Kisten Messgeräte und sonstiges Material in die Antarktis verschickt. Jetzt beginnt auch unsere

Reise, eine Reise mit Linienflugzeugen nach Christchurch in Neuseeland und von dort weiter mit einem Transportflugzeug in die Antarktis zur italienischen Küstenstation Terra Nova Bay. Unser eigentliches Ziel, die europäische Forschungsstation

im Innern des Kontinents, Dome Concordia oder in unserem Jargon kurz Dome C, erreichen wir zehn Tage später von Terra Nova Bay aus mit einer kleinen zweimotorigen Propellermaschine.

20. November 2001 – Dome Concordia

Wir haben Europa im trüben November verlassen. Dome C, innerhalb des südlichen Polarkreises gelegen, erwartet uns mit Sonnenschein rund um die Uhr und in den ersten Tagen mit Temperaturen um -45°C . Die Station, bestehend aus grossen Zelten und Containern, beherbergt jeweils zwischen November und Februar rund fünfzig Personen vorwiegend aus Europa, darunter Wissenschaftler, technisches Personal, Köche und einen Arzt. Wir befinden uns auf dem weissen, flachen Hochplateau der Antarktis auf über 3000 Meter über Meer. Die hier unendlich erscheinende Ebene erstreckt sich ohne die kleinste Erhebung bis an den Horizont und darf zu



Abb. 1: Das Dome Concordia Camp mit dem Bohrzelt (hinten links), dem Wissenschaftstrakt (hinten rechts) und den Schlafzelten im Vordergrund.

Foto: Niels Kjaer

Recht als eisige Wüste bezeichnet werden, denn Dome C gehört zu den trockensten Gebieten der Erde. Leben hier ist nur dank grossem logistischem Aufwand möglich.

22. November 2001 – Die ersten Arbeitstage

Nach zwei Tagen Akklimatisation an die Höhe beginnt die Arbeit im grossen Bohrzelt und im Wissenschaftstrakt. Zweiundzwanzig Personen aus sieben Ländern arbeiten im Zusammenhang mit der Eiskernbohrung in Dome C: acht Techniker, die für die Bohrung zuständig sind, und vierzehn Wissenschaftler, darunter vier aus Bern. Offizielle Sprache im Camp ist Englisch. In unserem bunt gemischten Team fliessen zudem französische und italienische Wortfetzen in die Gespräche ein – wir entwickeln sozusagen unsere eigene Sprache. Die ersten Arbeitstage verbringen wir mit dem Einrichten der Arbeitsplätze, dem Aufstellen der Messgeräte und ausführlichen Tests, um zu gewährleisten, dass im Anschluss ein routinemässiger Betrieb aufgenommen werden kann. Die Arbeit mit Eis hat ihren Preis, das haben wir erwartet. Die meisten Leute arbeiten bei -20°C – eine Temperatur, die garantiert, dass das Eis in gutem Zustand bleibt, die für uns aber gewöhnungsbedürftig ist.

4. Dezember 2001 – Wissenschaft im Feld

Rund 700 Meter Eis sind die Wissenschaftler gegenüber der Bohrequipe im Verzug. Dieses Eis liegt im Lagerraum am Anfang des 40 Meter langen Wissenschaftstrakts zur Verarbeitung bereit. In mehreren Schritten wird das Eis längs der Tiefe für verschiedene Labors und unterschied-



Abb. 2: Im Bohrzelt wird rund um die Uhr gearbeitet.

Foto: Jacqueline Flückiger

lichste Analysen zersägt. Messungen der elektrischen Leitfähigkeit, unter anderem mit einem an der Abteilung für Klima- und Umweltphysik des Physikalischen Instituts der Universität Bern entwickelten Gerät, liefern erste Informationen über den Eiskern. Dünnschnitte ergeben Daten über die Grösse der Eiskristalle und deren Orientierung. Ein Teilstück des Eisbohrkerns wird auf einer geheizten Platte langsam geschmolzen und das Schmelzwasser in einem geheizten Labor mit einem in Bern entwickelten CFA-System (*Continuous Flow Analysis*) und Ionenchromatographen kontinuierlich auf eine Vielzahl von chemischen Spurenstoffen untersucht. Der grösste Teil des Eises wird jedoch für den Transport in dreissig verschiedene Labors in Europa verpackt und bereitgestellt.

Dort sollen später unter anderem Messungen von Treibhausgasen wie CO_2 oder von Isotopenverhältnissen durchgeführt werden. Letztere liefern Informationen über die Temperatur der Vergangenheit.

6. Dezember 2001 – Ein Besuch im Bohrzelt

Das Bohrzelt ist gross und hell und steht unweit vom Wissenschaftstrakt. Geschäftiges Treiben herrscht hier zu jeder Zeit, denn die Bohrequipe arbeitet in drei Schichten rund um die Uhr. Gebohrt wird mit einem 11 Meter langen elektromechanischen Bohrer, der an einem Kabel in das Bohrloch hinuntergelassen und über das gleiche Kabel gesteuert wird. Der letzte Durchgang hat rund anderthalb Stunden gedauert. Wieder an der Oberfläche, wird der gebohrte Kern sorgfältig aus dem Rohr des Bohrers heraus geschoben, ein Stück glasklares Eis von rund 3 Meter Länge und einem Durchmesser von knapp 10 Zentimetern. Während im Bohrzelt aufgeräumt und das frisch gebohrte Eis in den Lagerraum gebracht wird, überwacht ein Techniker den Bohrer bereits wieder auf seinem Weg hinunter ins Bohrloch, Routinearbeit, die mit höchster Präzision ausgeführt werden muss.

15. Dezember 2001 – Die Launen des Wetters

Schlechtes Wetter und Sturm sind in Dome C eine Seltenheit. Heute aber bläst ein unerbittlicher, heftiger Wind über die

Abb. 3: Leitfähigkeitsmessung am Eisbohrkern durch Jacqueline Flückiger.

Foto: Niels Kjaer



Ebene. Feinste Schneekristalle wirbeln durch die Luft, und für einmal bleibt die Sonne hinter den Wolken verborgen. Niemand hält sich länger als unbedingt nötig draussen auf, denn zusammen mit dem Wind wird die Kälte beinahe unerträglich. Im unendlichen Grau empfinden wir das Gefühl der Isolation stärker als sonst, und die schlechte Laune des Wetters scheint

bis zum Abend auch auf uns abzufärben.

25. Dezember 2001 – Weihnachten

Zwei Freitage über Weihnachten sind ein willkommener Unterbruch und lassen uns Zeit für gesellige Stunden. Dank den für Dome C hochsommerlichen Temperaturen von $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ist es draussen herrlich. Spa-

ziergänge in die weisse Weite hinaus sowie ein Volleyballturnier im Schnee sorgen für Abwechslung. Das Weihnachtsfest selbst feiern wir mit einem ausgiebigen Festessen und in ausgelassener Stimmung bis in die frühen Morgenstunden hinein, was viele die Distanz von zu Hause ein wenig vergessen lässt.

1. Januar 2002 – Eine besondere Abwechslung

Dreimal pro Südsommer wird Dome C von der französischen Küstenstation Dumont d'Urville her über den 1100 Kilometer langen Landweg mit den notwendigen Gütern wie Brennstoff und Baumaterial versorgt. Heute trifft der Schlittenkonvoi, gezogen von schweren Raupenfahrzeugen, zum zweiten Mal an seinem Ziel ein. Bereits Stunden vor der Ankunft haben wir den Konvoi am Horizont erkennen können. Während der Einfahrt der schweren Gespanne in Dome C stehen nun die meisten von uns winkend dem Trassee entlang. Innerhalb von kurzer Zeit verdoppelt sich das Treiben auf der Station, und sowohl für uns wie auch für die Fahrer, die während rund zwölf Tagen unterwegs waren, sind andere Gesichter und Gespräche eine willkommene Abwechslung.

7. Januar 2002 – Alltag und Routine

Nach mehr als der Hälfte der Feldsaison sitzt jeder Handgriff, die Arbeitsabläufe sind längst bis in die letzten Details optimiert. Die Arbeitstage sind lang, insbesondere für die Leute, die seit Wochen in zwei Schichten rund um die Uhr die Messapparaturen im Berner CFA-Labor bedienen. Die Tage unterscheiden sich kaum voneinander und sind längst zur Routine geworden. Nur die seltenen Messunterbrüche aufgrund von Defekten vermögen uns aus dem Trott zu werfen. Sie fordern von uns höchste Konzentration, damit die Arbeit so schnell wie möglich wieder aufgenommen werden kann.

2. Februar 2002 – Ende einer erfolgreichen Saison

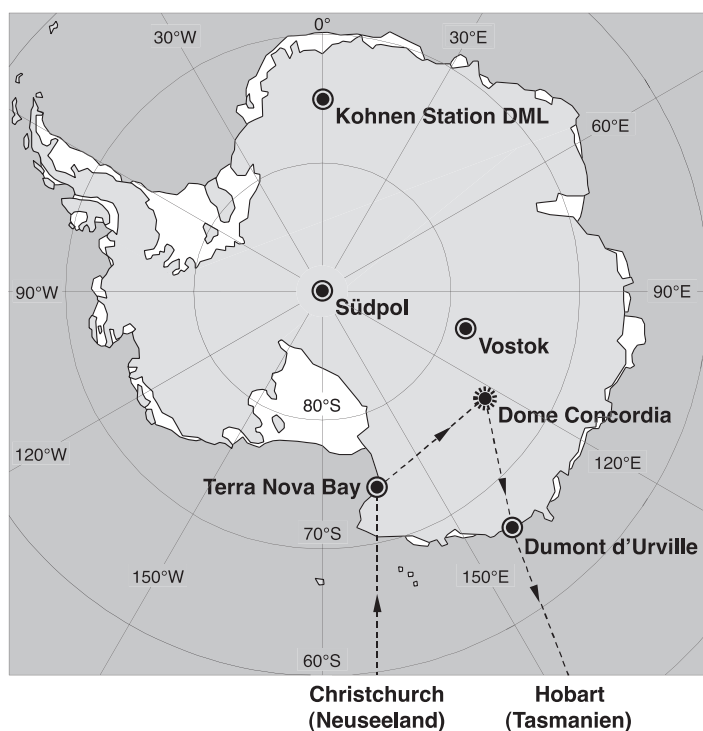
Seit einigen Tagen stehen Bohrer, Sägen und Messgeräte still. Alles was die unwirtlichen Temperaturen von unter $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ im Südwinter nicht überstehen würde, wird für den Rücktransport verpackt. Die bisher erfolgreichste Dome-C-Saison geht dem Ende entgegen. Die Bohrequipe hat

Die europäischen Eiskernbohrungen in der Antarktis

Dome Concordia (Dome C) ist einer der unwirtlichsten Orte unseres Planeten. Er liegt auf dem antarktischen Eisschild (3233 Meter über Meer, $75^{\circ}06'$ Süd, $123^{\circ}24'$ Ost), gut 1000 Kilometer von der Küste entfernt (Karte unten). Die Jahresmitteltemperatur liegt unter $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$, der jährliche Schneefall beträgt knapp 3 cm Wasseräquivalent. Aufgrund der geringen Niederschlagsrate bietet sich dieser Ort für eine Eiskernbohrung an, die einen zeitlich möglichst weit zurückreichenden Datensatz zur Erforschung von Klimaschwankungen liefern soll. Seit 1997 sind im Rahmen des europäischen Forschungsprojekts EPICA (European Project for Ice Coring in Antarctica), die Arbeiten an einer Tiefbohrung durch die rund 3250 Meter dicke Eisschicht von Dome C im Gang.

Unter EPICA läuft eine weitere Bohrung auf Kohnen Station in Dronning Maud Land (DML). In dieser Region, die an den Südatlantik grenzt, möchte man einen detailreichen Eisbohrkern gewinnen, der nicht so weit zurückreicht wie derjenige von Dome C, dafür möglicherweise Bezüge zum Klima im Nordatlantischen Raum und in Europa zeigt.

Koordiniert wird das EPICA-Projekt (www.esf.org, search: epica) durch die ESF (European Science Foundation) und finanziert durch die zehn beteiligten Länder und die Europäische Union. Die Abteilung für Klima- und Umweltphysik am Physikalischen Institut der Universität Bern ist wesentlich an diesem Projekt beteiligt und wird durch massgebliche Beiträge des Schweizerischen Nationalfonds, des Bundesamts für Bildung und Wissenschaft sowie des Bundesamts für Energie, unterstützt.



mit einer erreichten Tiefe von 2864 Metern ihr Ziel weit übertroffen. Bis zum Felsbett verbleiben nur noch knappe 400 Meter, schwierig zu bohrende Meter, da die Temperatur im Bohrloch mit grösserer Tiefe schon bald unangenehm nahe an den Druckschmelzpunkt kommen wird. Auch wir Wissenschaftler haben mit 1430 Metern verarbeitetem Eis und einer erreichten Tiefe von 2200 Metern einen neuen Rekord aufgestellt. Vorerst ist unsere Arbeit abgeschlossen. Doch zu Hause wird sie weitergehen. Riesige Datenmengen warten darauf ausgewertet zu werden, und eine Vielzahl von zusätzlichen Messungen sind geplant, sobald das Eis in Europa eintreffen wird.

5.-16. Februar 2002 – Der Weg zurück in die Zivilisation

Der Rückweg führt uns über die französische Küstenstation Dumont d'Urville, eine Forschungsstation auf einer kleinen Insel, unweit des gewaltigen Inlandeisabbruchs. Eine Woche warten wir auf die Abfahrt des Schiffes und verbringen einzigartige Tage inmitten von Eisbergen und Tausenden von Adéliepinguinen. Nur der stürmische Südliche Ozean fordert uns auf dem kleinen, den Launen der Wellen ausgelieferten Eisbrecher anschliessend noch sechs Tage lang alles ab, bevor wir in Hobart, Tasmanien, nach drei Monaten Forschungsarbeit in der Antarktis zurück in der Zivilisation ankommen.

EPICA Saison 2002/2003

Zwischen November 2002 und Februar 2003 nahmen erneut vier Wissenschaftler und ein Techniker der Universität Bern an den Feldarbeiten im Rahmen von EPICA (European Project for Ice Coring in Antarctica), in der Antarktis teil. Die Bohrung in Dome C soll mit dem weiterentwickelten Bohrer so weit wie möglich vorangetrieben werden. An der zweiten Bohrstelle Kohnen Station in Dronning Maud Land ist die erste routinemässige Saison geplant.

Jacqueline Flückiger und Matthias Bigler
Physikalisches Institut,
Abteilung Klima- und Umwelphysik

Erstmals über 500 000 Jahre altes Eis gebohrt

Aus Eisbohrkernen können Informationen zu Klimaschwankungen und zur früheren Atmosphäre in hoher zeitlicher Auflösung vergleichsweise direkt rekonstruiert werden. Messungen am Vostok-Eisbohrkern aus der Antarktis (siehe Kasten «Die europäischen Eiskernbohrungen...»), deren Resultate am 3. Juni 1999 in «Nature» publiziert wurden, haben unter anderem ergeben, dass die Treibhausgaskonzentration parallel zu den Temperaturänderungen zwischen Eis- und Warmzeiten geschwankt und einen oberen und unteren Grenzwert in den vergangenen 400 000 Jahren nie überschritten haben. Im Gegensatz dazu liegen die seit Beginn der Industrialisierung drastisch angestiegenen Treibhausgaskonzentrationen heute weit über der natürlichen Obergrenze (30% beim Kohlendioxid, 150% beim Methan).

Aufgrund der generell besseren Qualität des Eisbohrkerns von Dome C sowie der heutzutage vielfältigeren und verfeinerten Analysemethoden werden im Vergleich zum Vostok Eisbohrkern detailliertere und umfassendere Erkenntnisse über das Klima der Vergangenheit erwartet. Aus Modellrechnungen und aus der Hochfrequenzleitfähigkeit des Eises von Dome C kann zudem geschlossen werden, dass das Eis aus der im Januar 2002 erreichten Tiefe von 2864 Metern bereits über 500 000 Jahre alt ist (Abb. unten). Damit steht fest, dass die Tiefbohrung von Dome C weiter in die Vergangenheit zurückreicht als diejenige von Vostok und somit das älteste je gebohrte polare Eis liefert. Da mit zunehmender Tiefe die Schichtdicken abnehmen, kann – vorausgesetzt die glaziologischen Eisflussmodelle stimmen – in einer Tiefe von 3050 Metern bereits ein Alter von 800 000 Jahren erwartet werden. Dies würde Einblick geben in eine erdgeschichtliche Zeitspanne mit schnelleren Abfolgen von Eis- und Warmzeiten als in der jüngeren Vergangenheit. Dabei interessiert insbesondere die Reaktion des Kohlenstoffkreislaufes auf diesen Sachverhalt.

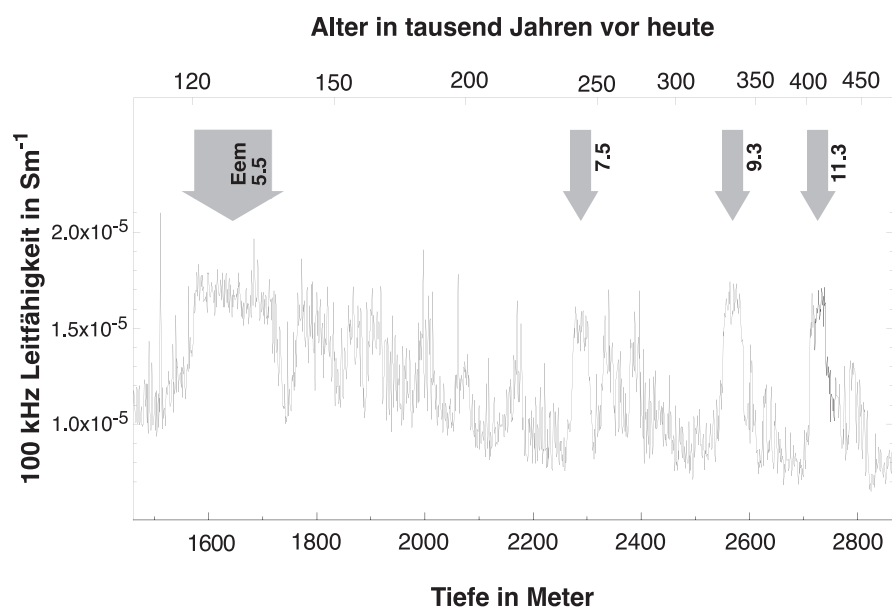


Abb. 5: Hochfrequenzleitfähigkeitsmessungen (Dielectric Profiling DEP bei 100 kHz, 1m-Mittelwerte) am Dome-C-Eisbohrkern zeigen im wesentlichen den Säuregehalt des Eises (Daten von Eric Wolff, British Antarctic Survey, Cambridge, England). In der unteren Kernhälfte, die einem Alter von 120 000 bis 500 000 Jahren vor heute entspricht, zeigen die Daten vier Klimazyklen mit den Warmzeiten 5.5 (Eem), 7.5, 9.3 und 11.3. Die hier nicht dargestellte obere Kernhälfte beinhaltet die gegenwärtige Warmzeit (Holozän) und die letzte Eiszeit. Die provisorische Datierung beruht auf einem glaziologischen Eisflussmodell von Dr. Jakob Schwander (Abteilung für Klima- und Umwelphysik am Physikalisches Institut der Universität Bern).