

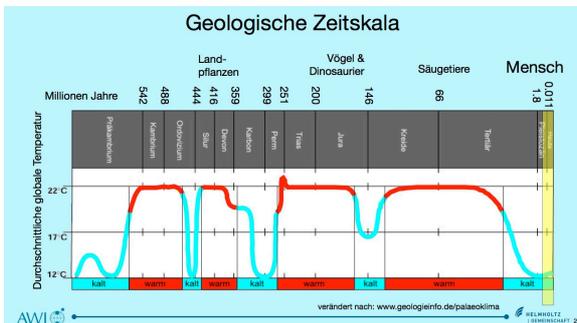
Dr.-Ing. Hans Oerter, Manuskript
 Vortrag DBU
 Osnabrück 13. Januar 2011

Wie ewig ist das „ewige“ Eis?



Einleitung:

Wie ewig ist das „Ewige Eis“? Haben Sie sich diese Frage jemals gestellt, wenn Sie eine Überschrift in den Medien gesehen haben, die vom „Ewigen Eis“ berichtete? Ewig ist ein dehnbare Begriff, selbst Minuten können zu einer Ewigkeit werden. Wenn wir ewig so verstehen, dass es etwas Endloses ist, dann ist das Eis, auch an den Polen und nicht nur im Osnabrücker Winter, nicht „ewig“. Wenn wir unter „ewig“ verstehen, dass es sehr lange dauert und wir uns Anfang und Ende nicht recht vorstellen können, dann ist das polare Eis „ewig“. Es kommt so ein bisschen auf unseren Standpunkt an.



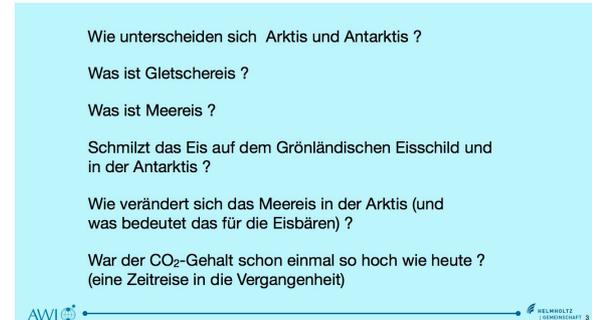
Die geologische Zeitskala

Deshalb möchte ich mit Ihnen am Anfang einmal etwa 500 Millionen Jahre in die Erd- und Klimageschichte zurückschauen. Auf der geologischen Zeitskala, die nicht ganz linear aufgetragen ist, erkennen wir im Wandel von Zehnermillionen Jahren kalte und warme Zeiträume. In der Abbildung sind diese Zeiten farbig mit hellblauer und roter Signatur unterschieden. Auf der geologischen Zeitskala leben wir zur Zeit in einer eisigen Zeit, nicht in einer warmen Phase. Die hier gezeigten Klimavariationen hingen stark von der wechselnden Sonneneinstrahlung und der Verschiebung der Kontinente ab. Nicht immer waren Land- und Wassermassen auf unserem Globus dort wo sie heute liegen. Die letzte große Vereisungsphase, mit wahrscheinlich deutlich mehr Eis als heute, erlebte unser Planet Erde in der Zeit vor etwa 270 bis 350 Millionen Jahren.

Bis etwa 2 Millionen Jahre vor heute hat sich die Erde wieder soweit abgekühlt, dass sich im Norden und im Süden unseres Globus große Eismassen bilden konnten. In der Zeit des späten Pleistozäns und Holozäns (gelber Balken), über die in diesem Vortrag berichtet werden soll, wechselten sich kalte Eiszeiten (Glaziale) mit warmen Zwischeneiszeiten (Interglaziale) im Rhythmus von etwa

40.000 Jahren, seit einer Million Jahre vor heute im Rhythmus von 100.000 Jahren ab, wie ich es Ihnen später noch näher erläutern werde.

Wir stehen also am rechten Ende des gelben Balkens und erleben ein Klima in dem sich der Mensch gut entwickeln konnte und sich, insgesamt gesehen, wohl fühlt. Die Menschen betrachten offensichtlich das heutige Klima als das „normale“ Klima, was natürlich nicht stimmt, wie die Abbildung zeigt, und möchten, dass es so bleibt und sich nicht ändert.



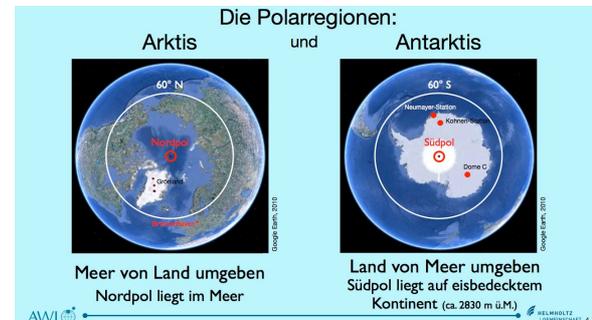
Zum Inhalt des Vortrags

Im Laufe des Vortrags möchte ich versuchen Antworten auf folgende Fragen zu geben:

- Wie unterscheiden sich Arktis und Antarktis?
- Was ist Gletschereis?
- Was ist Meereis?
- Schmilzt das Eis auf dem Grönländischen Eisschild und in der Antarktis?

Eisschild

- Wie verändert sich das Meereis, in der Arktis (und was bedeutet das für die Eisbären)?
- Waren der Kohlendioxidgehalt und die Temperatur in den vergangenen 800.000 Jahren schon einmal so hoch wie heute? (eine Zeitreise in die jüngere geologische Vergangenheit)



Unterschied Arktis - Antarktis

Google Earth stellt uns ein wunderbares Werkzeug zum Blick auf unseren Globus zur Verfügung. Stellen wir einmal nicht Osnabrück in den Mittelpunkt unseres Weltbildes, sondern den Nordpol, und nehmen wir das Meereis weg, so wird deutlich, dass die **Arktis ein von Land umgebenes Meer** ist. Der Nordpol liegt im Meer. Das Nordpolarmeer wirkt als großes Wärmereservoir, Meerwasser kann ja nicht kälter als etwa -2°C werden! Auch die Luft wird im Winter am Nordpol kaum unter -40°C kalt, weil das Meerwasser als „Wärmwasserheizung“ wirkt. Die Meereisdecke, die auf dem Nordpolarmeer schwimmt ist im Mittel nicht mehr als zwei Meter dick. Nur wenn sich zwei oder mehrere Eisschollen übereinander schieben werden Mächtigkeiten von vier, sechs oder mehr Metern erreicht. Die größte Landeismasse im Norden liegt auf der Insel Grönland. Etwa 81 % dieser Insel, die mit einer Fläche von 2,166 Millionen Quadratkilometern etwa sechsmal so groß ist wie die Bundesrepublik Deutschland, sind mit Eis bedeckt. Im Gegensatz dazu finden wir im Süden unserer Erde die **Antarktis als einen von Meer umgebenen, eisbedeckten**

Kontinent, der im Mittel über 2000 Meter hoch ist. Damit ist die Antarktis der höchste Kontinent der Erde. Der Südpol liegt auf einer Meereshöhe von 2830 Metern, also etwa so hoch wie Deutschlands höchster Berg, die Zugspitze. Am Südpol beträgt das Jahresmittel der Lufttemperatur etwa -50 °C. Der gewaltige Eisschild ist ein riesiges Kältereservoir. Die Höhe allein erklärt schon, warum die Antarktis im Mittel wesentlich kälter als die Arktis sein muss. Auch auf der Zugspitze ist es wesentlich kälter als in Hamburg. Die drei roten Punkte auf der Antarktiskarte markieren die Lage der deutschen Überwinterungsstation Neumayer sowie von zwei Bohrlokalationen, auf die ich später noch weiter eingehen werde.



Die Pole der Erde

Wie es am Nordpol ausschaut, zeigt das folgende Bild, das ich im Juli dieses Jahres aufgenommen habe. So weit das Auge reicht sehen wir Meereis. Weil es Sommer ist, gibt es viele kleinere und größere Schmelzwassertümpel auf dem Meereis, die hier im Bild türkisfarben leuchten. Das Meereis im Nordpolarmeer ist ständig in Bewegung. Es wird angetrieben vom Wind und den Meeresströmungen. Was man heute am Nordpol aufs Eis stellt, ist Morgen bereits zwei Kilometer weiter geschwommen. Deshalb gibt es auch keine feste Markierung am Nordpol.

Wie anders schaut es am Südpol aus. Wenn man mit dem Flugzeug die amerikanische Station Amundsen-Scott anfliegt, bietet sich dieses Bild. Dort wird die Landebahn natürlich nicht vom Schnee geräumt; denn die Flugzeuge haben Skier unter den Rädern! In der Mitte des Bildes sieht man die Spuren auf der Schneepiste, links die neue Station, die seit 2003 in Betrieb ist. Rechts ein großes Camp für das wissenschaftliche Forschungsprogramm „Ice cube“ zur Detektion von Neutrinos. Der Einbau der Messgeräte wurde im Dezember 2010 vollendet.



Zwei **Tiergruppen** sind zu Symbolen für Arktis und Antarktis geworden; denn sie sind jeweils nur im Norden oder im Süden heimisch. In der Arktis sind es die Eisbären, in der Antarktis sind es die Pinguine.

Was ist Gletschereis?

Gletschereis entsteht aus Schnee und besteht deshalb aus Süßwasser.

Gletscher liegen auf festem Land

Gletscher bewegen sich

Wenn die Gletscherzungen ins Meer fließen und schwimmen, sprechen wir von Gezeitengletschern oder von Schelfeis.

An der Front der Gezeitengletscher und der Schelfeise kalben die Eisberge

Was ist Gletschereis?

Gletschereis entsteht aus Schnee und besteht deshalb aus Süßwasser. Gletscher liegen auf festem Land und bewegen sich. Die Fließgeschwindigkeiten erreichen Werte von bis zu 40 Metern pro Tag, wie zum Beispiel beim Jakobshavngletscher in Westgrönland. Im Zentrum der Antarktis fließt das Eis nur mit etwa 1 Meter pro Jahr. Das Eis wird zu den Gletscherzungen bzw. zum Rand des Inlandeises hin erheblich schneller.

Stoßen die Gletscher bis ins Meer vor und fangen dort an zu schwimmen, so spricht man von Gezeitengletschern, weil die Gletscherfronten von den Gezeiten auf und ab bewegt werden. Wenn die gewaltigen Eisströme der Antarktis ins Meer fließen bilden sich sogenannte schwimmende Schelfeise. An den Fronten der Gezeitengletscher und der Schelfeise entstehen die Eisberge, man sagt der Gletscher kalbt.

Mit einigen Bildern will ich Ihnen Beispiele für Gletscher aus der Arktis zeigen.



Beispiel Kollerbreen im Möllerfjord, Spitzbergen

Als erstes ein Beispiel aus Spitzbergen. Hier fließt der Kollerbreen aus dem Gebirge bis zur Küste und mündet in den Möllerfjord. Man sieht an den hellen Flächen und den kleinen seitlichen Moränen, dass er in der Vergangenheit dicker gewesen ist. Generell kann man feststellen, dass die arktischen Gletscher zurzeit Eismasse verlieren.



Beispiel Eisrand Kronprins Christian Land, Nordostgrönland

Ein zweites Beispiel. Wir sind in Nordostgrönland und fliegen über den Eisrand von Kronprins Christian Land. Das Grönländische Inlandeis endet hier auf festem Land und erreicht die Küste nicht. (Aufnahmedatum: 30.7.1993)



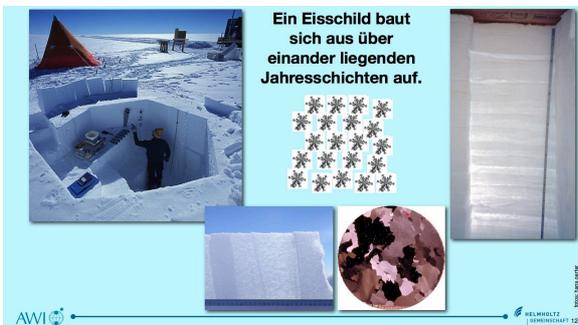
Beispiel Storstrømmen, Nordostgrönland

Auch in Nordostgrönland, nur etwas südlicher gelegen, treffen wir in Germanialand auf den Storstrømmen, den großen Eisstrom. Wir blicken auf die schwimmende Gletscherfront des Storstrømmen, ein Ursprungsgebiet für Eisberge, die später entlang der Ostküste Grönlands nach Süden driften werden.



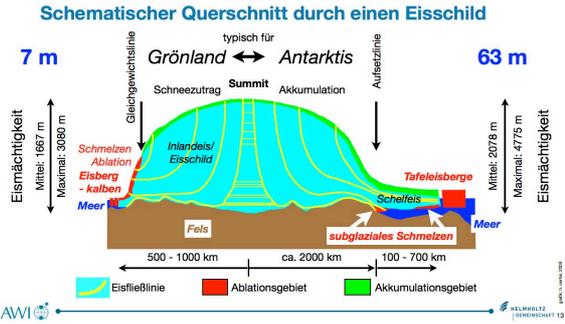
Beispiel Eisberge in der Dovebucht, Nordostgrönland

Hier schwimmen die Eisberge des Storstrømmen noch in der Dovebucht, Nordostgrönland, bevor sie dann später das offene Meer und den Ostgrönlandstrom erreichen.



Aufbau eines Eisschildes

Ein Eisschild baut sich aus über einander liegenden Jahresschichten auf. Der jährlich fallende Schnee bildet jeweils eine Jahresschicht, ähnlich wie ein Baum jährlich einen Baumring ansetzt. Die Niederschlagsverhältnisse auf Grönland und, in noch stärkerem Maße, in der Antarktis entsprechen einem ariden Klima. So beträgt z. B. am Südpol der jährliche Schneezutrag nur 80 Kilogramm pro Quadratmeter, an der Kohnen-Station 64 Kilogramm pro Quadratmeter, an der an der Küste liegenden Neumayer-Station etwa 340 Kilogramm pro Quadratmeter. Die Jahresschichten lassen sich in den oberen Metern der Firndecke noch gut erkennen. Mit zunehmender Tiefe werden die Jahresschichten in der Antarktis soweit ausgedünnt, dass sie nicht mehr nachweisbar sind. Der Dünnschnitt aus größerer Tiefe (rechts unten; Durchmesser ca. 76 mm) lässt erkennen, dass die einzelnen Eiskristalle mit zunehmender Tiefe wachsen und kleine Luftblasen eingeschlossen werden. Unterschiedliche Färbung der Kristalle zeigt unterschiedliche Orientierung der optischen c-Achsen an.



Schematischer Querschnitt eines Eisschildes oder Gletschers.

Man unterscheidet bei einem Gletscher und bei den Eisschilden das **Akkumulationsgebiet** (grüne Schicht) und das **Ablationsgebiet** (rot). In der **Antarktis**, mit Ausnahme der Antarktischen Halbinsel, ist es so kalt, dass kaum oder kein Schmelzen an der Oberfläche auftritt (geringe Schmelzbeträge gefrieren in den darunter liegenden kälteren Schichten wieder). Deshalb erstreckt sich das Akkumulationsgebiet bis an die Küste, einschließlich der Schelfeisgebiete. Das Akkumulationsgebiet ist durch eine positive Massenbilanz an der Oberfläche gekennzeichnet, d.h. im Jahresmittel bleibt der Schneeniederschlag erhalten. Der **Grönländische Eisschild** weist eine deutliche Trennung zwischen Ablations- und Akkumulationsgebiet auf. Die Trennlinie wird als **Gleichgewichtslinie** bezeichnet. Im Ablationsgebiet wird im Jahresmittel der jährliche Schneeniederschlag und zusätzlich alte Eismasse abgeschmolzen. Auch das **Kalben von Eisbergen** zählt zu den ablativen Prozessen, da dadurch die Eismasse verringert wird. Zusätzlich kommt es an der Unterseite der schwimmenden Eismassen (Gletscherzungen bzw. Schelfeisen) zum Abschmelzen von Eis (**subglaziales Schmelzen**). Dieser Prozess wird in der Antarktis unter einigen Schelfeisen durch das Anlagern von in der Wassersäule gebildeten Eiskristallen (marines Eis) teilweise kompensiert. In der Antarktis hat die sogenannte **Aufsetzlinie** (engl. Grounding line) eine besondere Bedeutung. Denn für die Bilanz der Eismasse ist entscheidend, wie viel Eis vom festen Land ins Meer fließt. Die gelben Linien, sogenannte **Eisfließlinien**, zeigen wie sich ein Eisteilchen, das einmal aus vielen Schneeflocken an der Oberfläche entstand, durch das Inlandeis hindurch bewegt.

Dieser schematische Querschnitt verdeutlicht auch die Dimensionen der beiden großen Eisschilde. Das grönländische Inlandeis (links) ist im Mittel 1667 Meter dick. An seiner tiefsten Stelle in der Mitte des Inlandeises 3080 Meter. Die eisbedeckte Fläche Grönlands beträgt 1,757 Millionen Quadratkilometer. Wenn man die gesamte Eismasse auf Grönland gleichmäßig auf die heutige Meeresoberfläche verteilen würde, so ergäbe dies eine etwa 7 Meter dicke Wasserschicht.

Das Antarktische Inlandeis ist im Mittel 2078 Meter dick. Die maximale, bekannte Eismächtigkeit beträgt 4775 Meter. Wenn man die gesamte Masse des auf Land aufliegenden Antarktischen Inlandeises gleichmäßig auf die heutige Meeresoberfläche verteilen würde, so ergäbe dies eine etwa 63 Meter dicke Wasserschicht.

Was ist Meereis?

Meereis ist gefrorenes Meerwasser.

Beim Gefrieren von Meerwasser gefriert nur das Wasser, das Salz fällt aus.

Meereis wird vom Wind und den Meeresströmungen bewegt.

Meereis schmilzt im Sommer und gefriert im Winter.

Meereis ist ein Lebensraum.



AWI HELMWOLTE ERBENSCHAFT 14

Was ist Meereis?

Nachdem ich Ihnen bisher die Gletscher vorgestellt habe, fragen wir uns nun, was ist Meereis?

Meereis ist gefrorenes Meerwasser. Der Gefrierpunkt von Meerwasser ist, bedingt durch den Salzgehalt, niedriger als bei Süßwasser und liegt bei etwa minus 1,8 °C. Das Gefrieren von Meerwasser ist ein ganz wichtiger Prozess, der zum Antriebsmotor für viele Meeresströmungen wird. Denn wenn Meerwasser gefriert, trennt sich das Salz vom Wasser und sinkt nach unten. Das Meereis ist deshalb deutlich süßer als Meerwasser. Da sich aber die jungen Eisschollen immer wieder über einander schieben und dabei Meerwasser ins Eis kommt, bilden sich Laugentaschen, die das Meereis versalzen. Das Bild zeigt ein frühes Stadium der Meereisbildung, sogenanntes Pfannkucheneis.

Das Meereis bleibt ständig in Bewegung. Es wird vom Wind angetrieben und folgt den großen Meeresströmungen. Es werden dabei Geschwindigkeiten von ein bis vier Kilometer pro Tag erreicht.

Meereis, vor allem in der Arktis, ist einer starken saisonalen Veränderung unterworfen. Die Fläche des mit Meereis bedeckten Ozeans und die Dicke des Meereises verändern sich stark im Laufe eines Jahres. Im Sommer schmilzt Eis, im Winter gefriert Meerwasser.

Meereis hat noch eine andere, ganz wichtige Eigenschaft, es ist ein Lebensraum für viele Tiere und Pflanzen (Algen). Die Grenzschicht zwischen Wasser und Eis ist nahezu ganzjährig von Leben erfüllt. Auf dem Meereis treffen wir Tiere, wie zum Beispiel den Eisbären. Für den Eisbären ist das Meereis lebensnotwendig, denn nur dort kann er Robben jagen und sich im Sommer für den Winter vollfressen.



Beispiel Meereis Antarktis

Das Bild zeigt uns ein frühes Stadium der Meereisbildung in der Antarktis. Das Pfannkucheneis hat sich bereits konsolidiert und größere Eistafeln gebildet, die von Wind und Wellen gegeneinander und übereinander geschoben werden.



Beispiel Meereis Nordpolarmeer

Das Bild zeigt uns sommerliches Meereis im Nordpolarmeer. Charakteristisch sind die großen Schmelzwassertümpel, die sich im Sommer auf dem Meereis bilden. Die Aufnahme entstand im Juli dieses Jahres bei einer Fahrt zum Nordpol.



Beispiel Meereis ist Lebensraum: Eisbär

Ein reichhaltiges Nahrungsangebot bietet in der Arktis und auch der Antarktis, nur das Meer. Wer sich aus dem Meer ernähren kann, wird überleben. Wichtig im marinen Nahrungskreislauf ist das Meereis, da an seiner Unterseite große Mengen an Algen wachsen. Steigen die Lufttemperaturen über dem Nordpolarmeer, gerät das Meereis in seiner sommerlichen Ausdehnung zunehmend in Gefahr. An der Spitze der Nahrungskette steht der König der Arktis, der Eisbär. Er ist davon abhängig, auf dem Meereis Robben jagen zu können und sich im Sommer genügend Reserven für den Winter anzufressen. Dies gilt besonders für die Muttertiere. Der Eisbär entwickelte sich in den letzten Jahren zur Symbolfigur für die Veränderungen in der Arktis, um nicht zu sagen zur Kultfigur. Bei dem nassen Fell dieses Tieres ist gut zu erkennen, dass die Haut des Eisbären schwarz ist.



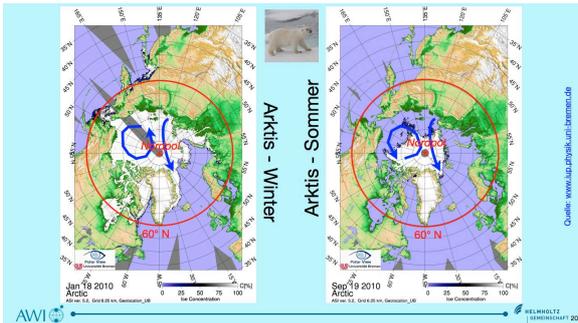
Beispiel Meereis ist Lebensraum: Eisbär

Eisbären sind neugierig und nähern sich meistens einem neuen Objekt in ihrer Umgebung. So kann man von einem stehenden Schiff aus die Bären gut fotografieren.



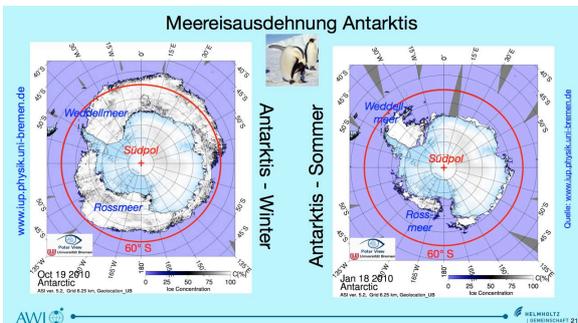
Beispiel Meereis ist Lebensraum: Walross

In der Nähe von Inseln nützen auch die Walrosse das Meereis gerne als Liege- und Ruheplatz. Ihre Nahrung finden diese Kolosse allerdings auf dem Meeresboden.



Ausdehnung des arktischen Meereises

Das Meereis in der Arktis unterliegt **großen natürlichen Schwankungen zwischen Winter und Sommer**. Die linke Karte zeigt die winterliche Ausdehnung des arktischen Meereises. Meereis entsteht, wie bereits dargestellt, durch Gefrieren von Meerwasser, sobald im Herbst die Temperaturen unter $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ fallen. Die maximale Ausdehnung wird am Ende des nördlichen Winters gegen Ende März erreicht. Das arktische Meereis wird vom Wind und den Meeresströmungen angetrieben und driftet ganzjährig durch das Nordpolarmeer. Bereits Fridtjof Nansen musste im Sommer 1895 die leidvolle Erfahrung machen, dass das Meereis so stark nach Süden driftete, dass er sich mit seinem Begleiter Hjalmar Johansen nicht schnell genug nach Norden gehen konnte um den Nordpol in der zur Verfügung stehenden Zeit erreichen zu können. Es sind zwei große Strömungssysteme, die Transpolar drift und der Beaufortwirbel, die das Eis in Bewegung halten. Vor allem zwischen Spitzbergen und Nordostgrönland wird durch die Framstraße viel Meereis aus dem Nordpolarmeer in den Nordatlantik exportiert. Wenn im Sommer die Temperaturen wieder über dem Gefrierpunkt liegen, schmilzt das Meereis und die mit Meereis bedeckte Fläche nimmt stark ab.



Ausdehnung des antarktischen Meereises

Werfen wir einen kurzen Blick in den Süden, auf die Antarktis. Auch hier können wir beobachten, dass die Ausdehnung des Meereises im Winter und im Sommer stark unterschiedlich ist. Auch das antarktische Meereis ist

ständig in Bewegung. Eine Abnahme des antarktischen Meereises können wir zur Zeit jedoch noch nicht beobachten.



Fahrrinne im antarktischen Meereis

Dass der Wind die Eisschollen zusammen pressen oder auseinander treiben kann, wird jedes Schiff erfahren, das sich in das Packeis hinein begibt. Und oft heißt es warten auf den richtigen Augenblick, um sich wieder vom Eis zu befreien. Diese Erfahrung konnte ich im Südsommer 1996/97 auf dem englischen Forschungsschiff RRS Bransfield sammeln, das mehr als zwei Wochen im Eis des Weddellmeeres festsaß.



Schmelzen auf dem Grönländischen Eisschild

Zurück aufs feste Eis, auf den grönländischen Eisschild. Ich hatte bereits weiter oben vom Ablationsgebiet und dem Schmelzen von Eis an der Oberfläche des Inlandeises von Grönland gesprochen. Mit einer kurzen Bilderfolge möchte Ihnen das schmelzende Eis vorstellen. Wenn man im Sommer über Grönland fliegt sieht man unter sich tiefblaue Flächen auf dem Eis. Dabei handelt es sich um Seen, in denen sich Schmelzwasser gesammelt hat.



Flusssysteme auf dem Grönländischen Eisschild

Auf der sommerlichen Eisoberfläche, hier blicken wir wirklich auf kompaktes Eis, bilden sich weit verzweigte Bach- und Flusssysteme aus, in denen sich das Schmelzwasser sammelt und Richtung Meer abfließt.



Schmelzwasserbach auf dem Grönländischen Eisschild
 Geht man zu Fuß über das Eis, stellen sich einem häufig Schmelzwasserbäche als unüberwindliches Hindernis in den Weg. Das Bachbett ist aalglatt, vergleichbar mit den Wasserrutschen in hiesigen Schwimmbädern.



Wasserfall am Eisrand
 Am Eisrand stürzt das Schmelzwasser häufig als gewaltiger Wasserfall ins Meer.



Glaziologische Arbeiten auf dem Eis: Messung des Schneezutrags

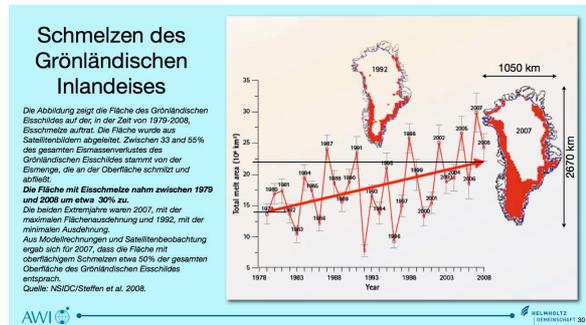
Zu den Arbeiten eines Glaziologen auf dem Eis gehört das Messen des Schneezutrags. Die einfachste Methode ist es eine Stange ins Eis zu stecken, zu messen wie weit sie aus dem Eis herauschaut und nach einem Jahr die Messung zu wiederholen. Schaut die Stange weniger weit heraus als im Vorjahr dann ist hier Schnee liegengeblieben. Die Massenbilanz ist positiv. Schaut die Stange allerdings weiter heraus dann ist an dieser Stelle aller Schnee und vielleicht schon Eis abgeschmolzen. Die Massenbilanz ist negativ. Mit diesen sogenannten Pegelmessungen kann man nur punktförmig messen. Beobachtet man die Höhenänderung der Eisoberfläche jedoch von einem Flugzeug oder Satteliten aus, bekommt man großflächige Informationen zur Massenbilanz an der Oberfläche.



Wetterstation auf dem Eis
 Um die Abschmelzung des Eises berechnen zu können, benötigt man meteorologische Daten, wie zum Beispiel Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit und Sonnenstrahlung. Für Detailstudien kann man automatische Wetterstationen auf das Eis stellen, die für Wochen oder Monate in Betrieb bleiben. Um die Abschmelzung für ganz Grönland zu berechnen benützt man globale Wettermodelle, die die Messdaten von Wetterstation der jeweiligen Wetterdienste verarbeiten. Auch in Grönland gibt es Wetterstationen, die bereits seit vielen Jahren Messdaten liefern. Allerdings liegen sie fast ausschließlich an der Küste.



Albodomessungen auf dem Eis
 Entscheidend für den Strahlungs- und damit für den Energiehaushalt ist das Reflexionsvermögen der Oberflächen. Hierzu findet sich ein interessantes Experiment in der Ausstellung. Die Albedo der Erdoberfläche ändert sich großräumig, je nachdem ob es sich um eine bewachsene Oberfläche, Meeresoberfläche oder Schneeoberfläche handelt. Aber auch kleinräumige Schwankungen können auf dem Eis beobachtet werden, es gibt dunklere und hellere Flächen. Hier auf dem Bild misst ein Glaziologe die einfallende und reflektierte Strahlung über einer stark strukturierten, schmelzenden Eisfläche.

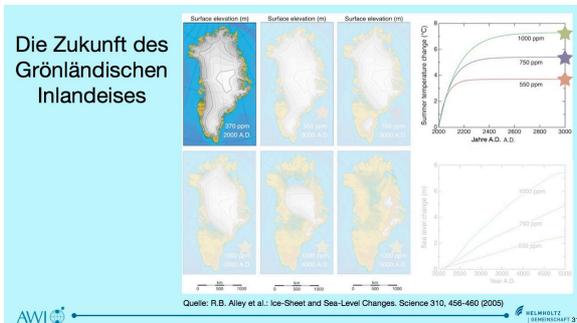


Schmelzen des Grönländischen Inlandeises
 Die Abbildung zeigt die Fläche des Grönländischen Eisschildes, auf der Eisschmelze auftrat. Dargestellt ist der Zeitraum von 1979-2008. Die Fläche wurde aus Satellitenbildern abgeleitet. Zwischen 33 und 55% des gesamten Eismassenverlustes des Grönländischen Eisschildes stammt von der Eismenge, die an der Oberfläche schmilzt und abfließt.

Die Fläche mit Eisschmelze nahm zwischen 1979 und 2008 um etwa 30% zu.

Die beiden Extremjahre waren 2007, mit der maximalen Flächenausdehnung, und 1992, mit der minimalen Ausdehnung.

Aus Modellrechnungen und Satellitenbeobachtungen ergab sich für 2007, dass die Fläche mit oberflächlichem Schmelzen etwa 50% der gesamten Oberfläche des Grönländischen Eisschildes entsprach. (Quelle: NSIDC/Steffen et al. 2008)



Die Zukunft des Grönländischen Inlandeises

Was ist die Zukunft des Grönländischen Inlandeises. Verschwindet dieses „ewige“ Eis in naher Zukunft? Hierzu wurden Modellrechnungen mit unterschiedlichen Eingangsdaten durchgeführt. Drei verschiedene Szenarien für den Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre wurden betrachtet.

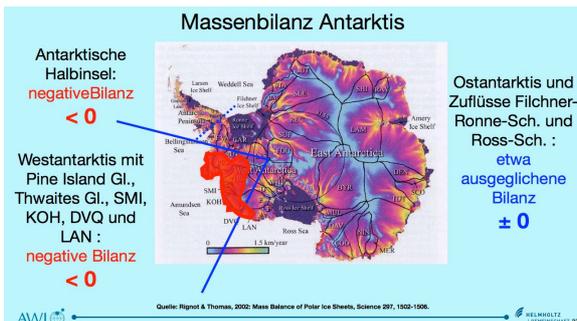
Fall 1: Ausgangszustand im Jahr 2000 AD mit einer Kohlendioxidkonzentration von 370 ppm. Der Eisschild erscheint in der uns bekannten heutigen Ausdehnung.

Fall 2: Es wird angenommen, dass sich der Kohlendioxidgehalt gegenüber der vorindustriellen Zeit verdoppelt und einen Betrag von 550 ppm erreicht hat. Dies ergäbe eine Temperaturerhöhung von etwa 3°Celsius. Der Eisschild würde bis zum Jahre 3000 vor allem im Süden deutlich kleiner werden.

Fall 3: Der Kohlendioxidgehalt hat sich gegenüber heute verdoppelt und einen Wert von 750 ppm erreicht. Es wäre etwa 5 °Celsius wärmer als 2000 AD. Der Eisschild wird noch kleiner, im Süden bleibt nur ein kleiner isolierter Rest übrig.

Fall 4: Der Kohlendioxidgehalt steigt auf 1000 ppm und die Temperatur erhöht sich auf 7 °Celsius über der heutigen Temperatur. Dann wäre im Jahr 3000 AD der Süden Grönlands eisfrei und bis zum Jahr 4000 AD auch Nordgrönland sowie weite Küstenstreifen im Westen und Osten. Bis in 3000 Jahren, also im Jahre 5000 AD wäre der Eisschild komplett und unwiederbringlich verschwunden. Dieses Rechenexperiment soll uns verdeutlichen mit welchen Zeiträumen wir rechnen müssen, um die gesamte Eismasse auf Grönland tatsächlich abschmelzen zu können. Wir bleiben in historischen Zeitspannen. Es braucht keine „Ewigkeit“ oder geologische Zeiträume um das Eis los zu werden!

Der Meeresspiegel würde entsprechend steigen.



Der heutige Zustand des Antarktischen Inlandeises

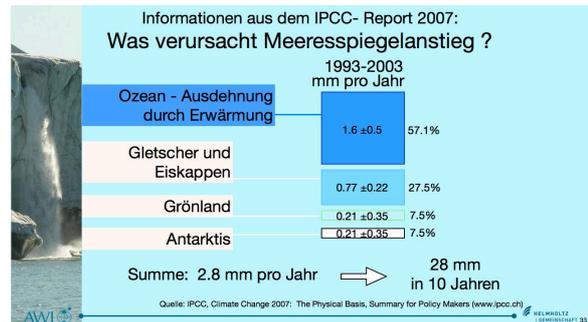
Was ist der heutige Zustand der Antarktis?

Wenn wir die heutige Massenbilanz der Antarktis betrachten wollen, können wir uns auf eine Studie von Rignot & Thomas aus dem Jahr 2002 stützen. Die Studie unterscheidet drei große Gebiete der Antarktis, die Antarktische Halbinsel, Ostantarktis mit Zuflüssen ins Weddellmeer und Rossmeer, sowie die Westantarktis.

Die Eismassenbilanz auf der Antarktischen Halbinsel ist negativ, vergleichbar mit Grönland.

Die Eismassenbilanz der Ostantarktis ist, zumindest im Rahmen der Genauigkeiten, mit denen wir sie bestimmen können, etwa ausgeglichen.

Die Eismassenbilanz der verbleibenden Westantarktis hingegen ist negativ. Das heißt dort verliert die Antarktis Eismasse. Ursache ist jedoch nicht Abschmelzung an der Oberfläche, sondern schnelleres Fließen einiger Eisströme und damit Massenverlust durch Eistransport ins Meer.



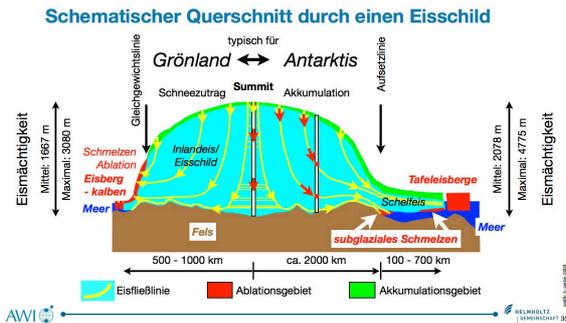
Was verursacht den Meeresspiegelanstieg?

Der vierte Bericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) von 2007 enthält dazu einige Zahlen, unter anderem für den Zeitraum 1993-2003. Demnach lässt sich der globale Meeresspiegelanstieg zu etwa 57 Prozent auf die thermische Ausdehnung des Meerwassers zurückführen, zu etwa 28 Prozent auf das Schmelzen von den so genannten kleinen Gletschern und Eiskappen. Grönland trug mit etwa 0,21 Millimetern pro Jahr, entsprechend 7,5 Prozent zum Meeresspiegelanstieg bei. Beachten Sie den angegebenen Schwankungsbereich von plus/minus 0,35 Millimetern pro Jahr. Er trägt den Unsicherheiten, die diesen Berechnungen immer noch anhaften, Rechnung. Die Antarktis trug etwa gleich viel bei, aber nicht auf Grund erhöhter Abschmelzung sondern weil hier, wie auch teilweise in Grönland, die Fließgeschwindigkeit einiger Eisströme deutlich zugenommen hat. Die Abschmelzbeträge zeigen zunehmende Tendenz!



Eine Zeitreise: 800.000 Jahre Klimageschichte

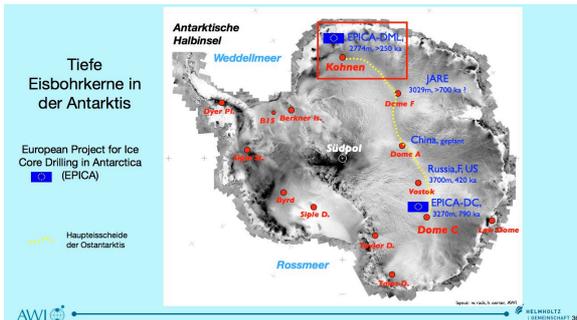
Ich möchte Sie nun noch zu einer Zeitreise in die Klimageschichte einladen und dabei 800.000 Jahre in die Vergangenheit zurückschauen. Dazu müssen wir uns auf das Plateau des Antarktischen Inlandeises begeben. Wie es dort aussieht, mag Ihnen dieses Bild verdeutlichen.



Schematischer Querschnitt durch ein Eisschildes

Um leichter zu verstehen, warum die Antarktis ein Archiv für 800.000 Jahre Klimageschichte sein kann, schauen wir noch einmal auf den schematischen Querschnitt, den ich eingangs vorgestellt habe.

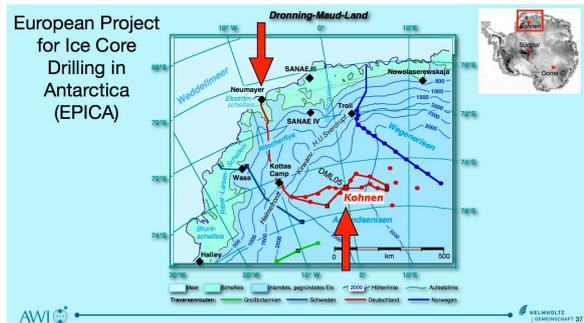
Wie sich ein Eiskorn von der Oberfläche durch den Eisschild hindurch zum Rand hin bewegt zeigen die gelben Fließlinien und die aufgesetzten gelben Pfeile. Der ideale Punkt für eine Eiskerntiefbohrung liegt auf dem höchsten Punkt (engl.: summit) eines Eisschildes, von dem aus das Eis radial abfließt oder auf einer sog. Eisscheide (engl.: ice divide), mit vorwiegend seitlichem Abfluss. Nur auf einem Summit kann man Eis erbohren, das in der Vergangenheit an derselben Stelle als Schnee gefallen ist, an der gebohrt wird. An allen anderen Stellen eines Eisschildes, wurde der Schnee einst an höherer Stelle abgelagert und ist erst allmählich zum Bohransatzpunkt geflossen. Bei der Interpretation der Eiskerndaten müssen also Veränderungen längs dieses Fließweges berücksichtigt werden. Das ist möglich, macht die Auswertung nur etwas mühsamer.



Eiskernbohrungen in der Antarktis

Aus der Antarktis ein Beispiel aus den Forschungsarbeiten, an denen ich selbst in den letzten 15 Jahren beteiligt gewesen bin, das European Project for Ice Coring in Antarctica (EPICA). Schauen wir aus dem Weltraum auf die Antarktis. Um das dargestellte RADARSAT-Bild zu erhalten, mussten viele Einzelbilder zusammengesetzt werden. An den unterschiedlichen Grautönen erkennt man in der Mitte der Ostantarktis eine Struktur, die sich gleichsam als Dachfirst quer durch die Ostantarktis zieht. Es ist die Haupteis-scheide (ice divide), die hier durch die gelbe, punktierte Linie hervorgehoben wird. So wie bei einer Wasserscheide, das Wasser rechts und links in gegensätzlicher Richtung abfließt, so fließt auch das Eis zu beiden Seiten der Eisscheide in unterschiedlicher Richtung ab. Die bisher abgeteufte tiefen Eiskernbohrungen bei der Kohnen-Station (EPICA (EU), EDML), auf Dome Fuji (Japan), bei der Station Wostok (Russland) und auf Dome C (EPICA (EU), EDC) liegen annähernd auf dieser Eisscheide. Auch die nächste, von China geplante Bohrung auf Dome A, wird auf dieser Eisscheide liegen. **EPICA** (European Project for Ice Coring in Antarctica) war in den Jahren 1995-2006 ein europäisches Forschungsprojekt unter dem Schirm der European Science Foundation (ESF) mit Förderung durch die EU und aus nationalen Beiträgen. An EPICA beteiligten sich Belgien, Dänemark, Deutschland, Frankreich,

Großbritannien, Italien, Niederlande, Norwegen, Schweden und die Schweiz. Das Ziel von EPICA war es, zwei tiefe Eisbohrkerne in der Antarktis zu bohren, um daraus die klimatischen Veränderungen (Lufttemperatur, Gasgehalt der Atmosphäre, Aerosole) in der Vergangenheit mit hoher zeitlicher Auflösung und über einen möglichst langen Zeitraum (Jahrhunderte bis Jahrhundertaufende) zu rekonstruieren. Der bis dato älteste Eiskern war der Wostok-Eiskern. Als Bohransatzpunkte wurden der Dome C und eine Stelle (Kohnen-Station) in Dronning-Maud-Land ausgewählt. Der 3260 m tiefe EDC-Kern ergab mit ca. 790.000 Jahren (in einer Tiefe von 3200m) die bisher längste klimatische Zeitreihe aus einem Eiskern. Das Alter des 2774 m tiefen EDML-Kerns wird auf ca. 250-300.000 Jahre geschätzt, mit 150.000 Jahren sicher datiert ist er bis zu einer Tiefe von 2416 m.



Wie kommt man zur Bohrstelle Kohnen-Station?

Die Bohrstelle an der Kohnen-Station liegt im **Dronning-Maud-Land**, dem Teil der Antarktis, der Südafrika zugewandt ist (roter Ausschnitt in der Übersichtskarte, rechts oben). Der Zugang zur Kohnen-Station, vor allem was den Transport von schweren Gütern, einschließlich des Treibstoffes, angeht, erfolgt über die deutsche Überwinterungsstation Neumayer an der Küste.



Anreise Kohnen-Station

Die **Anreise zur Neumayer-Station** erfolgt klassischer Weise mit dem deutschen Forschungsisbrecher **FS Polarstern**, entweder von Kapstadt auslaufend oder von Punta Arenas, Chile, oder Ushuaia, Argentinien, in Südamerika. Das an der Schelfeis-kante entladene Transportgut wird dann mit **Schlittenzügen über das Eis** zur Kohnen-Station befördert. Dabei ist eine Wegstrecke von 750 Kilometern zurückzulegen und ein Höhenunterschied von etwa 2900 Metern zu überwinden. Während der Bau- und Bohrzeiten von EPICA wurden häufig zwei dieser Traversen pro Sommersaison gefahren, um die Kohnen-Station vor allem ausreichend mit Treibstoff versorgen zu können. Seit einigen Jahren ist der Zugang ins Dronning-Maud-Land auch über die russische Station **Nowolazerewskaja** möglich. Nowolazerewskaja erreicht man von Kapstadt mit einer russischen Transportmaschine vom Typ **Ilushin 76**. Diese Maschine befördert Personen und Fracht. Die Flugzeit von Kapstadt beträgt etwa sechs Stunden. Die Wegstrecke Nowolazerewskaja - Kohnen-Station wird mit kleineren Flugzeugen vom Typ Basler BT67

gefliegen. Dafür wird entweder die AWI-eigene Polar5 oder ein entsprechendes Flugzeug aus der DROMLAN-Flotte eingesetzt. Das rechte, untere Bild zeigt die Ankunft des ersten Teams der Saison 2007/08, am 8. Januar 2008. **Die letzten Schritte geht man zu Fuß.**



Die Kohnen-Station

Die Kohnen-Station liegt bei 75°00' S, 00°04' O auf 2882 Meter Meereshöhe im Dronning-Maud-Land (Neuschwabenland), Antarktis. Sie wurde erbaut in den beiden Südsommern 1999/2000-2000/01. Meteorologische Daten: Schneezutrag 64 kg/m², Jahresmitteltemperatur -44,6°C. Mitternachtssonne von 31. Oktober bis 12. Februar. Die Kohnen-Station wurde benannt nach dem dt. Geophysiker Dr. Heinz Kohnen (*1938, †1997). H. Kohnen war 1982-1997 der erste Leiter der Abteilung Logistik des Alfred-Wegener-Instituts für Polar- und Meeresforschung in der Helmholtz-Gemeinschaft (AWI), Bremerhaven.

Die Kohnen-Station wurde als Sommerstation für die zweite Eiskerntiefbohrung des European Project for Ice Coring in Antarctica (EPICA) vom AWI errichtet. Die Bohrarbeiten begannen im Januar 2001 und wurden im Januar 2006 abgeschlossen. Die Kohnen-Station wird auch nach Abschluss der Bohrarbeiten als Sommerstation vom AWI (www.awi.de) weiter betrieben werden.

Für das Bohrprojekt EPICA, einschließlich der Errichtung der Kohnen-Station, wurde nach den Richtlinien des Umweltschutzprotokolls (1991) zum Antarktisvertrag eine Umweltverträglichkeitsstudie erstellt. Das Projekt wurde am 6.10.2000 vom Umweltbundesamt genehmigt.

Die Station besteht aus elf 20-Fuss-Containern, die auf einer 32 m langen, 8 m breiten stählernen Plattform stehen. Die Plattform liegt etwa 2 m über der Schneeoberfläche und ruht auf 16 im Firn gegründeten, verlängerbaren Stahlstützen. Die Stationsplattform wird alle zwei Jahre um ca. 60 cm gehoben, um den Schneezutrag auszugleichen. Die Container beherbergen Funktionsräume für Generator, Schneeschmelze, Werkstatt, Lager, Schlafen, Toilette u. Waschraum, Küche, Messe sowie Telekommunikation. Neben der Station werden weitere Schlafmodule, Nahrungsmittelcontainer u. Tankcontainer auf Schlitten platziert, sodass insgesamt 20-25 Personen beherbergt werden können. Die Stromversorgung leistet ein 100kW Dieselgenerator, dessen Abwärme zum Schmelzen von Schnee für die Wasserversorgung genutzt wird.

Für die Bohrarbeiten wurde 2001 neben der Station ein 66 m langer, 4,6m breiter und 6m tiefer Graben ausgefräst und mit einem Holzdach abgedeckt. In ihm steht die Bohranlage. Der Graben bietet außerdem Raum zur Bearbeitung und Zwischenlagerung der Eisbohrkerne. Eine ausführliche Beschreibung der Station und des EPICA-Bohrprogrammes gibt Oerter et al. (2009): Kohnen Station – the Drilling Camp for the EPICA Deep Ice Core in Dronning Maud Land. *Polarforschung* 78(1-2), 1-23 (über www.polarforschung.de als pdf abrufbar).



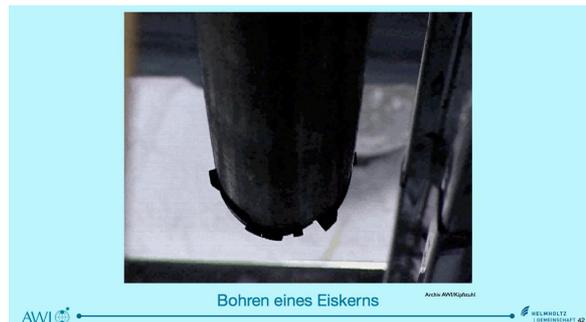
Einblick in die Kohnen-Station

Einblick in Generator-Container, Sanitär-Container, Wohn-Container und Küche mit dem Koch Adi. Weitere Schlafplätze sind in mobilen Wohneinheiten neben der Station verfügbar.

<p>Kohnen Station 75°00'09"S, 00°04'06"E, 2892 m (WGS84) Bohrzeitraum: 2001-2006 Mittlere Jahres- temperatur: -44,6 °C Akkumulationsrate: 64 kg m⁻²a⁻¹ Eis-Fließgeschwindigkeit: 0,756 m/a Eisdicke: 2782 ±10m Länge Eiskern: 2774,1 m</p>	
---	--

Der Drill-Trench

Blick in den sog. **Drill-Trench** mit dem Bohrturm (senkrechte Position). Links ist die heizbare Kammer zu sehen, in der die Steuer- und Überwachungselektronik für die Bohranlage steht und sich das Personal in den langen Phasen des Fierens und Hievens des Bohrgerätes aufwärmen kann. Bei Tiefen über 2000 m betragen die Hiev- und Fierzeiten jeweils ca. 45 Minuten! Rechts stehen Arbeitstische. Unter dem Fußboden liegt ein schmaler, 6 m tiefer geneigter Graben, um das Bohrgerät (Gesamtlänge ca. 12 m) in die Horizontale schwenken zu können. Er wird während des Bohrvorgangs abgedeckt und nur zum Schwenken des Bohrers geöffnet. Die Temperatur im Drill-Trench lag bei ca. -30°C.



Bohren eines Eiskerns (Film)

Das Bohren eines Eiskerns zeigt eine kleine Filmszene



Was lernen wir aus einem Eiskern über das Klima der Vergangenheit?



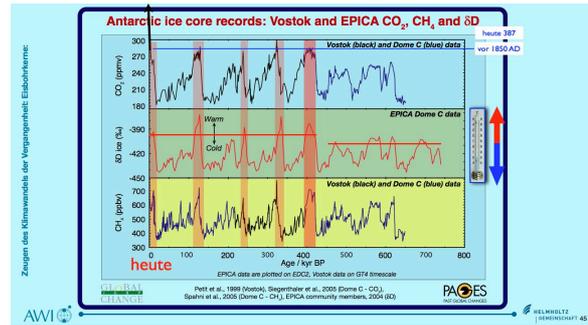
Klimainformation aus dem Eiskern

Im Eis sind Informationen zu Schwankungen der Lufttemperatur, zur Gas-Zusammensetzung in der Paleo-Atmosphäre und zum Gehalt an Aerosolen in der Vergangenheit gespeichert.

Die Temperaturinformation ist nicht direkt gespeichert. Sie muss aus so genannten Proxy-Daten berechnet werden. Als Temperaturproxy dienen die stabilen Isotope im Wassermolekül. Sie sind das sogenannte Isotopenthermometer, das die Beziehung zwischen Kondensationstemperatur und Gehalt an den stabilen Sauerstoffisotopen ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) und an Deuterium ($^2\text{H}/^1\text{H}$) im Niederschlag beschreibt.

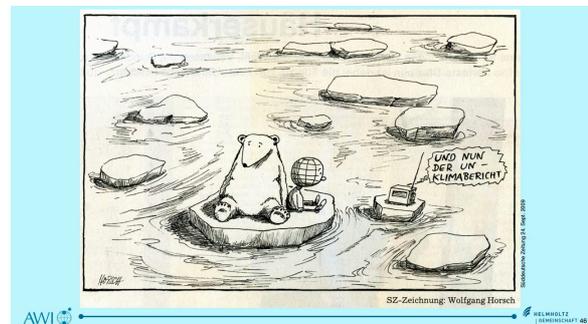
Atmosphärische Luft wird beim Übergang von Firn zu Eis ins Eis eingeschlossen und bleibt dort erhalten. Anfänglich ist die Luft in Luftblasen eingeschlossen, die sich jedoch mit zunehmendem hydrostatischen Druck (bei ca. 1000-1200m Eisauflast) in Klathrate umwandeln, d.h. ins Kristallgitter des Eises eingebaut werden. Bei Druckentlastung können sie wieder frei gesetzt werden. Eis ist das einzige Klimaarchiv, das Gase gespeichert hat. Ein Problem bei der Interpretation der Gasgehalte bzw. der Umrechnung von Tiefenprofilen in Zeitreihen ist die Differenz zwischen dem Alter des umgebenden Eises und der eingeschlossenen Luft.

Aerosole sind feste und flüssige Teilchen, die in der Atmosphäre transportiert werden. Sie stammen z.B. von Vulkaneruptionen, von weiten vegetationslosen Flächen oder werden an der Meeresoberfläche bzw. vom Meereis in die Luft abgegeben und weitertransportiert. Hier spielen vor allem die biologische Aktivität nahe der Meeresoberfläche und die Meereisbildung eine wichtige Rolle. Entsprechend gelangen schwefelhaltige Verbindungen aus dem Wasser in die Atmosphäre oder Seesalzkomponenten, die dann später in den Eiskernen nachgewiesen werden können.

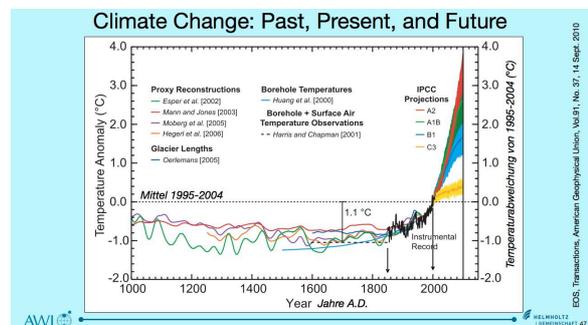


Antarctic Ice Core Records: Vostok and EPICA.

Die δD -Kurve (äquivalent zu $\delta^{18}\text{O}$) stellt den Temperatur-Proxy dar. In der Zeit von Heute bis vor ca. 400.000 Jahren ist die Zeitreihe durch fünf (einschl. des Holozäns) deutlich erkennbare, vergleichsweise kurze Warmzeiten (Interglaziale) gekennzeichnet, die im Abstand von ca. 100.000 Jahren auftreten. Dies entspricht der Zyklizität der Exzentrizität der Erdumlaufbahn (Milankovich-Zyklus). In der Zeit davor sind die Warmzeiten weniger warm, länger und die Kaltzeiten (Glaziale) entsprechend kürzer aber vergleichbar kalt wie die späteren Glaziale. Vergleicht man das holozäne Temperaturmittel mit den vier vorhergehenden Interglazialen, erkennt man, dass die Temperaturen früher offensichtlich höher gewesen sind als heute. Die Zeitreihen von CO_2 (oben) und Methan (CH_4 unten) sind gut korreliert und zeigen einen nahezu synchronen Verlauf. Es kann jedoch festgestellt werden, mit den Unsicherheiten der bisherigen Datierung, dass der Temperaturanstieg jeweils vor dem Anstieg von CO_2 oder CH_4 begann. Beim Vergleich der CO_2 -Gehalte der zurückliegenden vier Interglaziale mit dem holozänen Wert vor der industriellen Revolution (ca. 1850 AD) stellt man fest, dass sich die Maximalwerte nur unwesentlich unterscheiden. Vergleichbares gilt für Methan. Die heutigen hohen CO_2 -Konzentrationen von 385 ppmv wurden in den Eiskernen zu keiner Zeit nachgewiesen. (Quelle der Abb.: www.pages.unibe.ch).



Und nun der UN-Klimabericht



Climate Change: Past, Present, and Future

Der vierte Bericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC) von 2007 enthält Aussagen über die mögliche Änderung der globalen Lufttemperatur bis zum Jahr 2100 AD, sogenannte Klimaszenarien. Wie sich diese

Zukunftsprojektionen zu den klimatischen Änderungen während der vergangenen 1000 Jahre verhalten, zeigt diese Abbildung aus der Zeitschrift EOS.

Die Abbildung ist zeitlich in drei Perioden unterteilt. Die gemittelten Messdaten für eine globale Temperatur aus der Zeit der Instrumentenbeobachtung (ca. 1850 bis heute) zeigt die dicke schwarze Kurve.

Die aus verschiedenen Archiven und unterschiedlichen Proxydaten rekonstruierte mittlere Temperatur für die nördliche Hemisphäre ist nach verschiedenen Quellen mit den farbigen Linien dargestellt. Je weiter wir zeitlich zurückschauen, desto ungenauer werden die rekonstruierten Daten.

Für die Zeit nach 2000 AD sehen wir die IPCC-Projektionen als farbige Bänder dargestellt.

Betrachten wir als erstes die Projektion C3, das gelbe Band. Für dieses Szenario wurde angenommen, dass sich der Kohlendioxidgehalt aus dem Jahr 2000 nicht weiter erhöht, was natürlich (leider) nicht der Fall ist. Aber man erkennt, dass selbst dann die Lufttemperatur bis zum Jahr 2100 um etwa 0,4 °Celsius weiter steigen würde. Der Prozess der einmal angestoßen wird, lässt sich also kurzfristig nicht mehr aufhalten!

Den anderen Projektionen liegen unterschiedliche Annahmen über die weitere Zunahme des Kohlendioxidgehaltes zu Grunde. Wichtig ist zu erkennen, dass die Temperaturen in den nächsten 100 Jahren und darüber hinaus ansteigen und weit über den Temperaturen liegen werden, die in den vergangenen 1000 Jahren geherrscht haben.

Aus den vergangenen 1000 Jahren können wir jedoch auch erkennen, dass der Temperaturverlauf über Zeiträume von einigen Jahrzehnten große natürliche Schwankungen aufgewiesen hat. Diese natürliche Variabilität wird auch in Zukunft auftreten, so dass wir nicht erwarten können, dass die Temperaturen immer geradlinig steigen werden, vor allem dann nicht, wenn wir nur das regionale Klima betrachten. Aber der Trend wird regional und global nach oben weisen.

ist !

Neuere Modellläufe zeigen, dass ein im Sommer fast eisfreies Nordpolarmeer noch vor der Mitte dieses Jahrhunderts erwartet werden kann. (Quelle: National Snow and Ice Data Center, University of Colorado at Boulder, USA. Updated from Stroeve et al. 2007.iii)



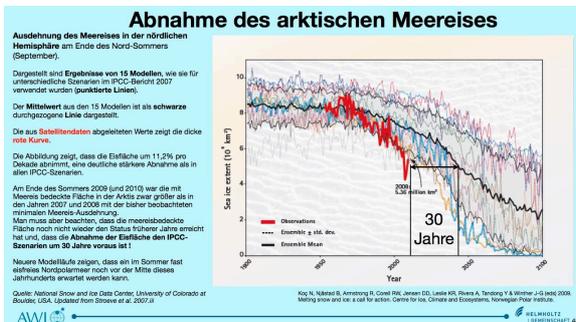
Barbtrobb auf Eisscholle

Eine Konsequenz für die Tierwelt im Nordpolarmeer wird sein, dass die Eisschollen, auf denen die Barbtrobb im Sommer ausruhen kann, immer kleiner werden.



Eisbär auf Meereis

Das bedeutet für die Eisbären, dass es schwieriger wird ihre Beute zu erjagen. Und mancher Bär wird in Zukunft wohl noch größere Sprünge machen müssen als heute.



Wie verändert sich das Meereis in der Arktis?

Die Abbildung zeigt die Ausdehnung des Meereises in der nördlichen Hemisphäre am Ende des Nord-Sommers (September). Dargestellt sind die Ergebnisse von 15 Modellen, wie sie für unterschiedliche Szenarien im IPCC-Bericht 2007 verwendet wurden (punktierter Linien).

Der Mittelwert aus den 15 Modellen ist als schwarze durchgezogene Linie dargestellt.

Die aus Satellitendaten abgeleiteten Werte entsprechen der dicken roten Kurve.

Die gemessenen Daten zeigen, dass die Eisfläche um 11,2 % pro Dekade abnimmt. Dies ist eine deutliche stärkere Abnahme als sie in allen IPCC-Szenarien berechnet wurde.

Am Ende des Sommers 2009 (und 2010) war die mit Meereis bedeckte Fläche in der Arktis zwar größer als in den Jahren 2007 und 2008 mit der bisher beobachteten minimalen Meereis-Ausdehnung. Man muss aber beachten, dass die meereisbedeckte Fläche noch nicht wieder den Status früherer Jahre erreicht hat und, dass die **Abnahme der Eisfläche den IPCC-Szenarien um 30 Jahre voraus**

Wie ewig ist das „ewige“ Eis ?

- Nordpol (Meereis): 1-3 Jahre alt
- Alpine Gletscher: einige 100 Jahre alt
- Grönland: 100-135.000 Jahre alt
- Antarktis: 800.000-1,5 Mill. Jahre alt

Wie „ewig“ ist das ewige Eis?

Lassen Sie mich zum Schluss noch einmal auf meine Ausgangsfrage zurückkommen: Wie „ewig“ ist das ewige Eis? Ich will Ihnen einige Zahlen mit auf den Weg geben.

Das Meereis am Nordpol ist durchschnittlich ein bis drei Jahre alt und ständig in Bewegung.

Das Eis der Gletscher in unseren Alpen und auf den arktischen Inseln ist einige hundert Jahre alt.

Grönland ist zwar seit etwa zwei Millionen Jahren vereist. Aber das Eis das wir dort bisher gefunden haben ist nicht älter als 125.000 Jahre. Wir suchen immer noch nach Eis, das vor der letzten Warmzeit abgelagert wurde und 135.000 Jahre alt sein könnte. Vielleicht finden wir es noch.

Die Antarktis fing vor etwa 32 Millionen Jahren an zu vereisen. Das älteste Eis, das bisher erbohrt wurde ist etwa 800.000 Jahre alt. Es wäre denkbar, dass es auch noch Eis gibt, das bis zu 1,5 Millionen alt ist. Wir müssen nochmal ins Eis bohren!



Schluss

Meine Damen und Herren, es ist sehr gut, wenn wir uns um die Eisbären im arktischen Ozean Sorgen machen! Aber es sind Millionen von Menschen, die durch schwindende Eismassen und damit steigenden Meeresspiegel in den nächsten hundert Jahren ihres Lebensraums beraubt werden. Wir sollten vor allem deren Zukunft nicht aus den Augen verlieren.

Ich danke Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit.

Copyright der Fotos: Hans Oerter
Copyright der Abbildungen bei den jeweils
angegebenen Quellen.