
Eisbohrkerne als Klimaarchiv

Themenheft zu den Grundlagen des Klimawandels

© Marc Eyer, 2009

Abteilung Physik, Gymnasium Neufeld, Bern

1 Das Klima verändert sich

 Unter dem Begriff *Klima* versteht man in der Wissenschaft die Zusammenfassung von Wetterphänomenen über Wochen, Monate oder Jahre. Das kurzfristige Wettergeschehen wird häufig mit dem Begriff *Witterung* bezeichnet. Um das Klima zu beschreiben benützt man meteorologische Messgrößen, wie etwa die Lufttemperatur, die Luftfeuchtigkeit und viele mehr.



1. Nenne weitere Messgrößen, die das Klima charakterisieren.

 Während sich die oben gegebene Definition von Klima vor allem auf den Zustand der Atmosphäre bezieht, gibt es daneben eine Vielzahl weiterer Sphären, die mehr oder weniger direkt das Klima beeinflussen und mitprägen. Sie alle gehören zum *Klimasystem* der Erde:

- Die Lufthülle um die Erde (*Atmosphäre*)
- Die Ozeane und sonstigen Gewässer (*Hydrosphäre*)
- Die Vergletscherungen, die Meereisflächen und die saisonale Schneedecke (*Kryosphäre*)
- Die Gesteinsmassive und der feste Erdanteil (*Lithosphäre*)
- Das Erdreich (*Pedosphäre*)
- Der Einflussbereich von Pflanzen, Tieren und Menschen (*Biosphäre*)

Das Klima und die Lebensbedingungen auf der Erde unterliegen einer komplizierten Wechselwirkung zwischen all diesen Sphären.

 Das Klima hat sich auf der Erde insgesamt, wie auch in einzelnen Regionen im Verlaufe der Geschichte immer wieder verändert. Gründe dafür sind sowohl die Veränderung der Sonneneinstrahlung im Verlaufe der Erdgeschichte (→Arbeitsheft *Eiszeit- Warmzeit; Die Rolle der Sonne*), wie auch die Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit der Erde und die Veränderung der Atmosphäre.

In jüngster Zeit, das heisst seit etwa 150 Jahren, wirkt der Mensch durch sein Verhalten auf die Zusammensetzung der Atmosphäre, wie auch auf die Beschaffenheit der Erdoberfläche ein und verändert damit die Rahmenbedingungen für das Klima.



 Inwiefern verändert der Mensch die Atmosphäre und die Erdoberfläche der Erde. Liste auf, was dir bekannt ist!

Das Klima hat sich aber schon zu früheren Zeiten (wenn auch nicht so rasch wie heute) dramatisch verändert. Woher wissen wir das? Woher bekommen wir Informationen über das Klima der Vergangenheit? Wir werden uns in diesem Arbeitsheft damit auseinandersetzen, wie wir zu diesen Informationen kommen.

2 Was sind Klimaarchive?

☞ Das Wetter und das Klima prägt die Erdoberfläche und hinterlässt Spuren. Diese Spuren sind zum Teil mikroskopisch klein sind aber in gewissen organischen und anorganischen Systemen über Jahrtausende oder gar über Jahrmillionen erhalten geblieben. Systeme, in welchen Informationen über das vergangene Klima konserviert sind, heißen *Klimaarchive*.

Archiv	Minimal erfassbarer Zeitraum (in Jahren)	Maximal erfassbarer Zeitraum (in Jahren)	Informationen über
Eis	1	10^6	T, N, C _L , B, V, E, S
Marine Sedimente	10	10^8	T, C _W , B, E, M, N
Limnische Sedimente	< 1	10^5	T, B, E, N, V, C _W
Terrestrische Sedimente und Bildungen	Löß	10^2	N, B, E, V
	Dünen	10^2	N, B
	Böden	10^2	N, B
	Sinter (Tropfsteine)	10^2	C _W , T, N
	Fluviale Ablagerungen	10^2	N, B
Biologische Bildungen	Baumringe	< 1	T, N, B, V, E, S
	Pollen	1	T, N, B
	Korallen	1	C _W , M, T, N
	Torf/Moore	10^2	B
Historische Archive	< 1	10^4	T, Z, N, B, V, E, M, S, C _{LW}

OB 07

T - Temperatur
 N - Niederschlag
 B - Biomasse und Vegetationszusammensetzung
 V - Vulkanausbrüche
 E - Veränderungen im Erdmagnetfeld
 M - Meeresspiegelschwankungen
 C - Chemische Zusammensetzung von Luft (C_L) und Wasser (C_W)
 S - Schwankungen in der Sonneneinstrahlung

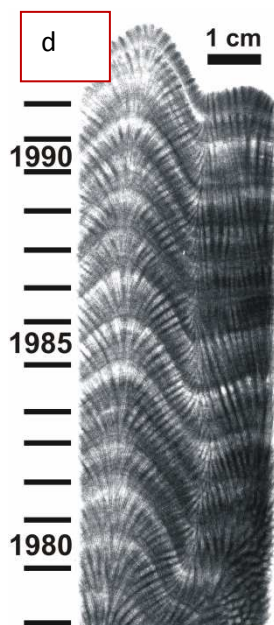
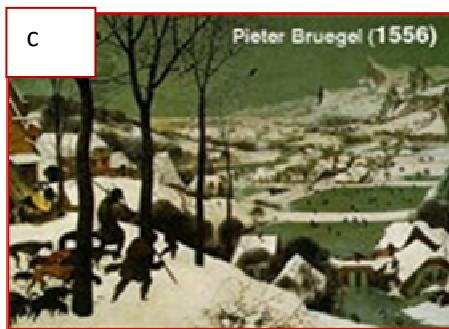
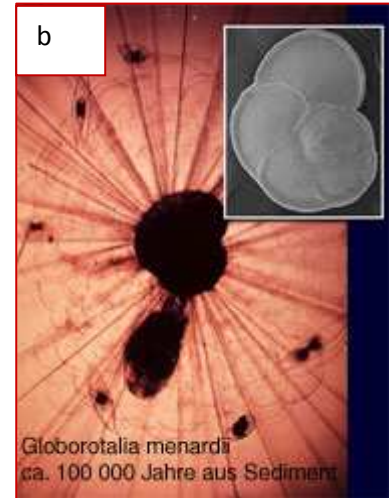
Abbildung 1: Verschiedene Klimaarchive und ihre Brauchbarkeit (Quelle: Olaf Bubbenzer; Ulrich Radtke, Humboldt-Universität Berlin,)

☞ Die Abbildung 1 gibt eine Übersicht über verschiedenen Klimaarchive und ihre Verwendbarkeit. Wie der Abbildung zu entnehmen ist eignen sich nicht alle Klimaarchive für die gleichen Studien gleich gut. Einige erfassen nur einen geringen Zeitraum ergeben dafür eine hohe zeitliche Auflösung von Daten, andere reichen dafür bis zu Millionen von Jahren zurück.

Ein sehr wichtiges Qualitätsmerkmal für die Beurteilung eines Klimaarchivs ist in der Abbildung 1 nicht erwähnt. Es handelt sich um die **Datierbarkeit** des Archivs. Um eine sinnvolle Klimarekonstruktion zu machen, sollten die Informationen, die dem Archiv entnommen werden zeitlich eingeordnet werden können, ansonsten sind sie quasi wertlos.



2. Hier findest du einige Abbildungen von Klimaarchiven. Kannst du sie benennen?



3 Eisbohrkerne

🔗 Eines der momentan besten Archive für Klimainformation sind die kalten Gletscher der polaren Eisschilde. Auch die so genannt warmen Gletscher der Alpen, der Anden oder von anderen Gebirgen können sich zur Gewinnung von Klimainformationen eignen. Zwischen alpinem Eis und dem Eis aus der Arktis oder der Antarktis gibt es aber einige Unterschiede:

- Alpines Eis liegt normalerweise in Gebieten, wo während eines Jahres gelegentlich Plus-Temperaturen herrschen und die Eisschichten zumindest partiell aufschmelzen. Dabei kann die Schichtung des Eises durcheinander gebracht sowie Informationen über gewisse wasserlösliche Substanzen (z.B. CO_2) zerstört werden. Auf polaren Eisschilden ist das Wasser immer gefroren.
- Alpine Gletscher liegen oft im Einzugsbereich menschlicher Siedlungen und sind damit Verunreinigungen menschlichen Ursprungs ausgesetzt. Die Bohrlöcher auf den polaren Gletschern liegen fernab von Zivilisationen.
- Auf die alpinen Gletscher gelangt ein Eintrag an organischem Material (Pollen, Totholz, etc.) während vor allem in der Antarktis die Bohrstationen weitgehend frei von biologischem Eintrag sind.
- Das alpine Gletschereis ist viel schwieriger zu datieren und natürlich viel weniger alt als das polare Eis.

Je nach Forschungsfrage und Interesse eignen sich nun alpine oder polare Eisbohrkerne besser zur Analyse. Wir konzentrieren uns hier auf Eisbohrkerne aus der Antarktis.

🔗 Bei grossen Bohrstationen in Grönland oder der Antarktis werden Eisbohrkerne mit einem Bohrkopf, der an einem Drahtseil befestigt in ein Bohrloch abgesenkt werden kann, gebohrt. Dabei werden jeweils bis 3 m lange Stücke gebohrt und aus dem Bohrloch gehoben. Um so den ganzen Eispanzer eines polaren Eisschildes von bis zu 3 Kilometer Dicke zu durchbohren, dauert dies eine ganze Weile. In der Antarktis dauert eine Bohrsaison rund zwei Monate. Gebohrt wird während den Sommermonaten. Ein solches Tiefbohrprojekt dauert meist 3 bis 4 Jahre.

Nach dem Bergen der Bohrkerne werden sie oft bereits vor Ort ein erstes Mal bearbeitet. Zuerst werden sie zersägt, dann werden erste Messungen gemacht und anschliessend das Eis in Plastiktüten verpackt. Ganz wichtig dabei ist genau anzuschreiben, aus welcher Tiefe jeder Bohrkern stammt und welches Ende des Bohrkerns das obere (Top) und welches das untere (Bottom) ist!

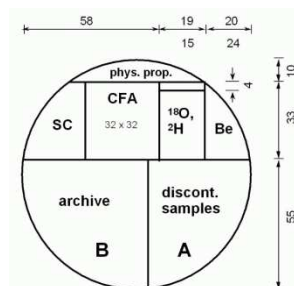


Abbildung 2: **links:** Frisch geborgene Eisbohrkerne. Das Eis ist manchmal sehr brüchig und kann beim Bergen durch die Druckentlastung zersplittern. **mitte:** Wer welchen „Anteil vom Kuchen“ erhält, ist im Voraus auf's Genaueste bestimmt: Schnittmuster für das Zersägen des Bohrkerns. **rechts:** Bohrkopf

4 Die Bohrstation Dome Concordia, Antarktis

☞ Gebohrt werden Eisbohrkerne an Stellen in Grönland oder der Antarktis, wo die Eisschichtung möglichst homogen, stabil und ungestört ist. Da auch das Eis der riesigen Festlandgletscher fließt, sind so genannte *Dome* geeignete Bohrstellen. Ein Dom ist eine

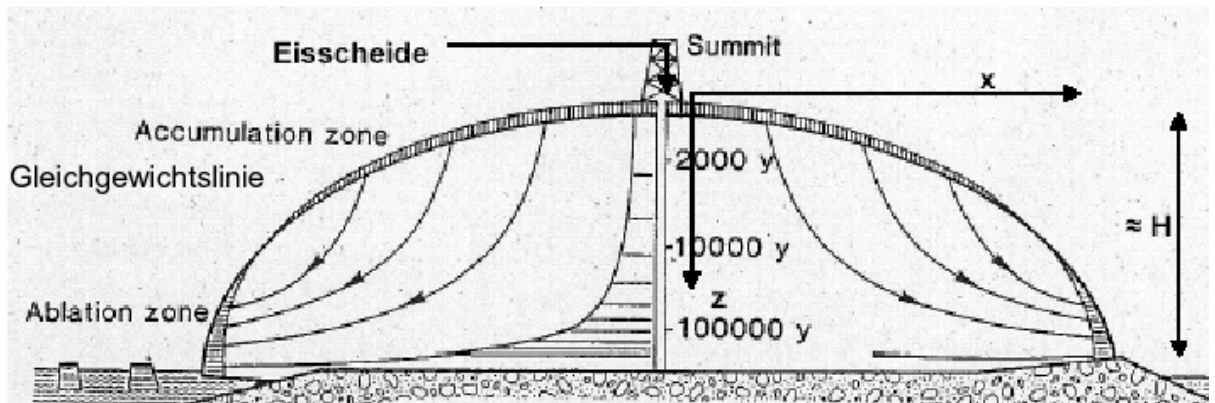


Abbildung 3: Schematische Darstellung eines Doms, der die geeignete Stelle für das Bohren ist.

sehr flache Kuppe, von wo aus das Eis nach allen Richtungen abfließt. Genau in der Mitte des Doms ist das Eis gleichmässig geschichtet.

Die aktuell längsten und qualitativ besten Klimarekonstruktionen aus Eisbohrkernen stammen aus der Antarktis, zum Beispiel von der Bohrstation **Dome Concordia** (wobei die Bohrung **Dome C** genannt wird). Die rekonstruierten Daten an diesem Bohrkern reichen bis 800'000 Jahre zurück und haben eine hohe zeitliche Auflösung. Allerdings wird vermutet, dass das Eis am Grund des Eisschildes dort sogar bis zu einer Million Jahre alt ist! Dome C liegt im zentralen Teil der Ost-Antarktis auf dem antarktischen Hochplateau. Der Eispanzer hat dort eine mittlere Dicke von 3.3 Kilometern!

Dome Concordia, Dome C

Projekt	European Project for Ice Core drilling in Antarctica (EPICA)
Koordinaten	75°06'S: 123°21'E
Höhe über Meer	3233 m
Mittlere Oberflächentemperatur	-54.5°C
Mittlere Niederschlagsrate (Akkumulationsrate)	25.0 kg/m ² ·Jahr
Gemessene Eisdicke	3309 ± 22m

Tabelle 1: Geographische Daten von Dome Concordia

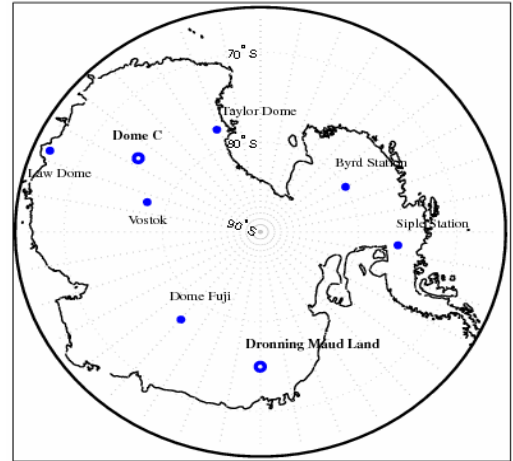


Abbildung 4: Die Bohrstation Dome Concordia; Dome Concordia liegt auf der Ost-Antarktischen Hochebene. Auf der Karte sind weitere Bohrstationen verschiedener Projekte zu sehen.



3. Berechne mit der angegebenen Akkumulationsrate für Dome C (Tabelle 1) die Schneehöhe, die dort pro Jahr fällt. Die Dichte von Schnee findest du in der Abbildung 5.

5 Schnee, Firn, Eis

Der Niederschlag in den polaren Gebieten fällt ausschliesslich als Schnee. Die gefallenen Schneemassen werden auf dem Gletscher kontinuierlich zusammengedrückt und *gesintert*. Sie werden zuerst zu *Firn* und schliesslich zu Eis komprimiert.

Schnee ist ein Gemenge aus gefrorenem Wasser (Schneekristallen) und Luft. Diese Luft gelangt beim Fallen des Schnees auf die Gletscheroberfläche. Die in der Schneeoberfläche enthaltene Luft kann vorerst noch gut zirkulieren und tauscht noch gut mit der Atmosphäre aus. Je tiefer man aber in den Gletscher eindringt, desto weniger ist das möglich. In einer Tiefe von rund 100 Metern wird die Luft schliesslich in Blasen abgeschlossen und der Firn wird zu Eis. In dieser sogenannten *close off zone* hat das Eis bereits ein Alter von 2000 bis 5000 Jahren. Findet man also in einem Stück Eis Gasblasen, so gibt es einen beträchtlichen Unterschied zwischen Gas- und Eisalter!

Das Gas in einer Blase hat nicht ein scharfes Alter. Das Gas bewegt sich langsam durch die Firnsäule, es *diffundiert* durch den Firn. Alte Luft durchmischt sich mit junger. So ist die Luft in einer Blase selbst ein Altersgemisch. Zudem werden unterschiedliche Gasblasen zu unterschiedlichen Zeitpunkten abgeschlossen. Das Alter einer Luftprobe, die aus vielen Einzelblasen gewonnen wird, ist deshalb ein Mittelwert von Gas über 50 bis 500 Jahre!

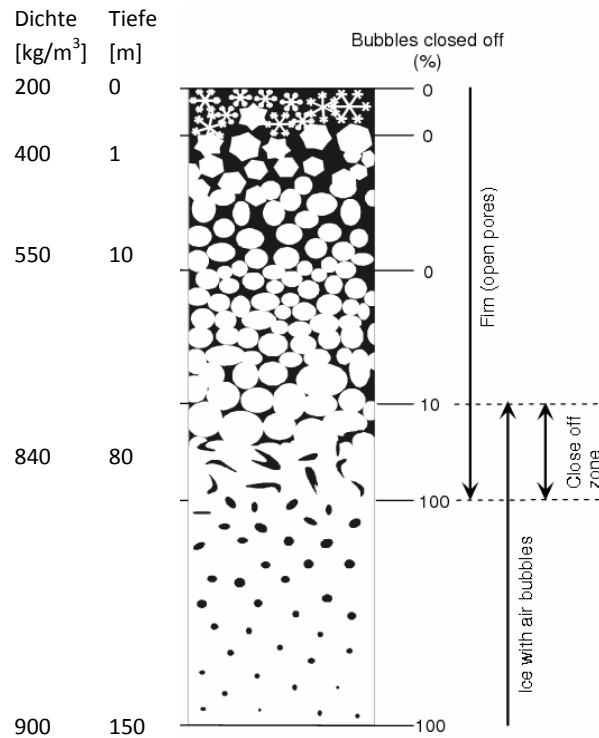


Abbildung 5: Sinterung von Schnee zu Eis mit Angaben über Dichte und Tiefe. (Quelle: Schwander, J. (1996), *Gas diffusion in firn*, in *Chemical exchange between the atmosphere and polar snow*, edited by E. W. a. B. Wolff, R. C., pp. 527-540, Springer-Verlag, Berlin.)

- Schätze mit der Dichte-Angabe von Schnee und Eis (Abbildung 5) und der Akkumulationsrate der Station Dome C das Eisalter in 300 Metern Tiefe ab! Nimm an, dass das Alter des Eises bei der *close off zone* bereits ein Alter von 2000 Jahren hat.
- Mache das gleiche für das Eisalter am Grund des Eisschildes und vergleiche das Resultat mit den Angaben, welche die Projektleiter darüber machen (Tabelle 1).

6 Datierung

✎ Einer der wichtigsten Kriterien für die Qualität eines Klimaarchivs ist die Möglichkeit zur genauen Datierung. Es ist eine relativ komplizierte Angelegenheit, der Tiefe des Eisbohrkerns ein bestimmtes Alter zuzuordnen. Für verschiedene Tiefen gibt es dazu verschiedene Möglichkeiten.

Jahresschichten

In den obersten Metern ist es möglich Jahresschichten abzuzählen. Die mittleren Temperaturen im Sommer- und im Winterhalbjahr sind unterschiedlich. Dies führt dazu, dass das Eis, das vom Sommerniederschlag stammt nicht gleich dicht ist, wie das des Winterhalbjahres. Auch in der chemischen und isotopischen Zusammensetzung des Eises gibt es jahreszeitliche Unterschiede, die zwar nicht von Auge sichtbar sind, aber gemessen werden können.

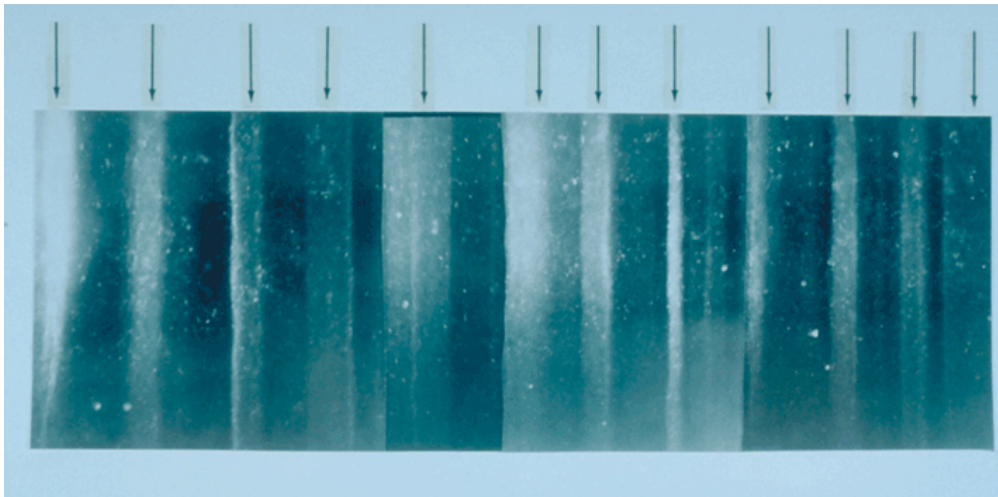


Abbildung 6: 19 cm langes Stück Eis des Bohrkerns GRIP (Grönland) aus einer Tiefe von 1855 Metern, das von unten beleuchtet wird. Zu sehen sind 11 Jahresschichten; die Sommerschichten sind mit einem Pfeil markiert, dazwischen liegen die Winterschichten.

Bekannte globale Ereignisse

Das Abzählen von Jahresschichten geht nur bis in bestimmte Tiefen. Dann werden diese so dünn, dass sie nicht mehr aufgelöst werden können. Eine weitere Möglichkeit das Eis zu datieren sind der Eintrag von Verunreinigungen im Eis durch bekannte globale Ereignisse wie zum Beispiel Vulkanausbrüche. Davon gibt es in der Klimageschichte der letzten 10'000 Jahre eine ganze Reihe. Vulkanausbrüche von globalem Ausmass haben im Eis Aschen- oder Säurelagen zurückgelassen. Sie dienen als Referenzpunkte für die Altersbestimmung eines Eisbohrkerns. Neben Vulkanausbrüchen gibt es auch andere Fixpunkte, wie eindeutige Temperatursprünge in der Temperatur Rekonstruktion oder der Eintrag von ausserordentlichen Elementen, wie beispielsweise der Niederschlag einer grossen Menge des Isotops Beryllium 10 vor 41'000 Jahren, der durch Anomalien im Erdmagnetfeld verursacht wurde.

Tiefe [m]	Alter	Ereignis
0.64 – 41.52	1992 – 1177 n.Ch.	14 historisch oder anders gut dokumentierte Vulkanausbrüche
58 - 233	1200 – 7100 Jahre vor heute	27 Vulkanausbrüche, die mit anderen bereits gut datierten Bohrkernen in Übereinstimmung gebracht wurden
363.5	11'530 Jahre vor heute	Ende der „jüngeren Dryas“ (Temperatur Sprung)
742.2	41'000 Jahre vor heute	Beryllium 10 Ereignis

Tabelle 2: Alters Referenzpunkte zur Datierung des Eisbohrkerns Dome C. (aus Schwander et al. 2001).



Abbildung 7: Aschenlage in einem antarktischen Eisbohrkern aus der West-Antarktis (Dronning Maud Land)

Eis-Fliess-Modell

Zur Datierung des grössten Teils des Bohrkerns werden Computermodele angewendet, welche die Fliess- und Verdichtungsprozesse des Eises simulieren und so das Alter einer bestimmten Tiefe berechnen. Diese Modelle werden an den oben beschriebenen Fixpunkten geeicht.

Quervergleiche

Letztlich werden Quervergleiche zu bereits datierten Bohrkernen geschaffen. Eindeutige Signale in den Zeitreihen der rekonstruierten Grössen können identifiziert und die Tiefe, in welcher man sie misst, datiert werden.



6. Verbessere die Abschätzung aus Aufgabe 4, indem du die bekannten Alters-Zuordnungen bestimmter Tiefen aus der Tabelle 2 verwendest und mit einer quadratischen Funktion versuchst, die Alterszunahme zu beschreiben. Verwende dazu das Tabellenkalkulationsprogramm Excel. Welches Alter erhältst du für die Tiefe 3300 Meter?

7 Was für Daten liefern Eisbohrkerne?

 An Eisbohrkernen können grundsätzlich drei Substrate untersucht werden:

- Das Eis selbst
- Das im Eis eingeschlossene Gas (Luft)
- Verunreinigungen physikalischer und chemischer Art

Diese Substanzen können auf unterschiedlichste Arten analysiert werden und liefern Daten die entweder direkt Klimainformationen liefern (z.B. die CO₂ Konzentration der Luft) oder als so genannte *Proxy-Daten* für irgendeine klimarelevante Grösse dienen.

Proxy-Daten sind messbare Grössen, die Indikatoren für andere physikalische Grössen sind. Zum Beispiel enthält die Menge an ^{18}O Isotopen im Eis Information über die Temperatur, die zum Zeitpunkt des Niederschlags geherrscht hat (→Arbeitsheft *Das Palaeothermometer*).

Das Eis

Eis ist gefrorenes H_2O , also Wasser. Wasser kann allerdings aus unterschiedlichen Wasserstoff- und Sauerstoff-Isotopen zusammengesetzt sein. Insbesondere das Wasserstoff-Isotop ^2H (Deuterium) und das Sauerstoff-Isotop ^{18}O des Eises sind wie oben erwähnt Proxy-Daten für die Temperatur. Um von den direkt gemessenen Isotopen-Werten zur Temperaturinformation zu gelangen, sind komplizierte Umrechnungen nötig (→Arbeitsheft *Das Palaeothermometer*).

Aber auch das Wachstum und die Grösse der Eiskristalle im Bohrkern enthalten Informationen, zum Beispiel über Verunreinigungen und Staubpartikel im Eis. Ebenso kann das Verhalten vom Eiskristall-Wachstum an sich studiert werden.

Bag 5850
Top

Bottom



Abbildung 8: An sehr dünn geschnittenem Eis kann das Kristallwachstum studiert werden.

Gaseinschlüsse im Eis

Ab einer Dichte von etwa 830 kg/m^3 wird Firn zu Eis und damit die Luft in Blasen im Eis eingeschlossen. Die Luft ist dann in diesem Eis über sehr lange Zeit gefangen. Nur sehr langsam diffundieren einzelne Gasmoleküle in die Eismatrix hinein oder tauschen sich Wasser- oder Sauerstoff-Isotope der Luft mit denjenigen im Eis aus. Im Wesentlichen aber repräsentiert das Gas in den Gasblasen den Zustand der Atmosphäre, wie er zum Zeitpunkt des Gaseinschlusses vorgeherrscht hat.

In immer grösserer Tiefe unter immer grösserem Druck werden die Gasblasen im Eis immer kleiner. Ab einer Tiefe von etwa 500 bis 900 Metern, was einem Druck von mehr als 50 bar entspricht, verschwinden die Gasblasen vollständig. Die Gasmoleküle binden sich vollständig in die Eismatrix ein. Man spricht von *Gashydraten* oder von *Klathraten*. Die Eisdichte erreicht jetzt den Wert von 917 kg/m^3 , was reinem Eis entspricht.

Die Zusammensetzung des im Eis archivierten Gases kann im Labor analysiert werden. Folgende Gase und Isotope werden routinemässig gemessen:

- Kohlendioxid (CO_2)
- Methan (CH_4)
- Lachgas (N_2O)
- Sauerstoff isotope ^{18}O , ^{17}O
- Wasserstoffisotope ^2H
- Kohlenstoffisotope ^{13}C

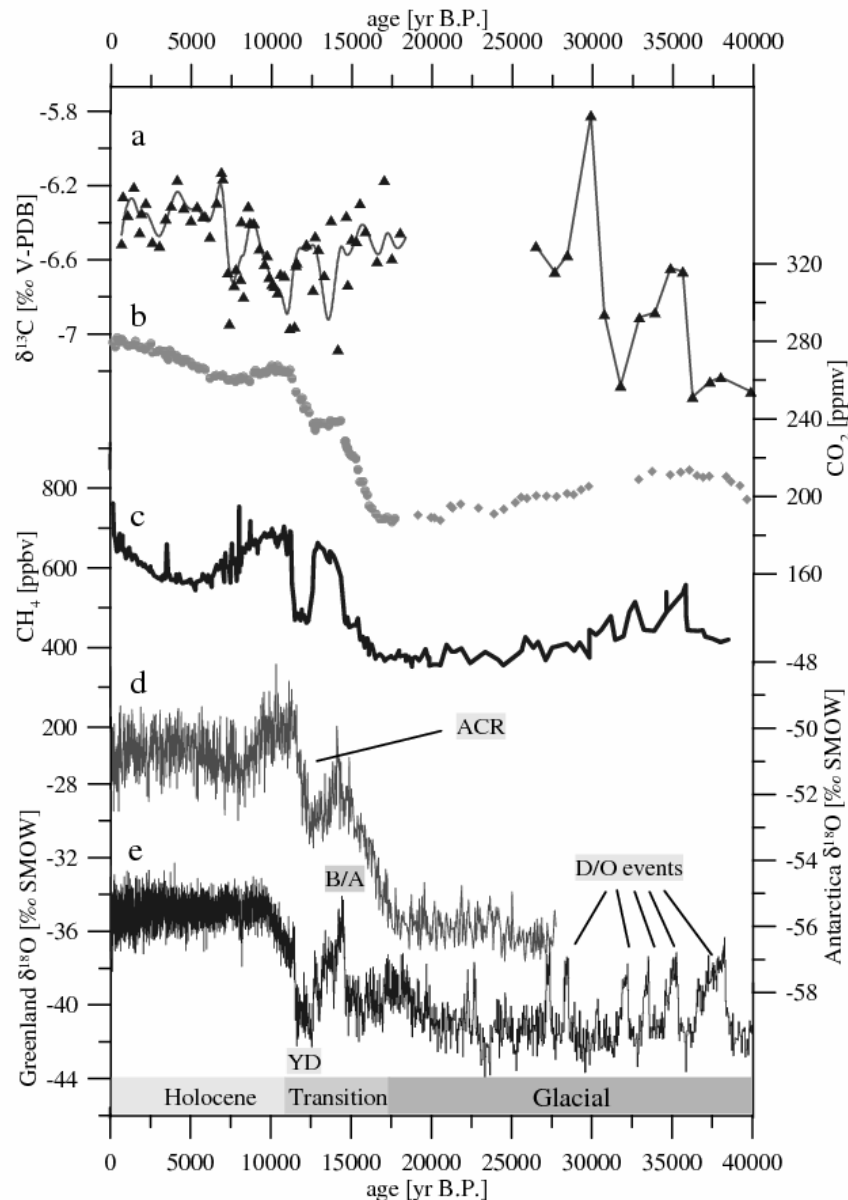


Abbildung 9: Zusammenstellung von ^{18}O , ^{13}C , Methan und CO_2 Messungen über die letzten 40'000 Jahre, die einem Antarktischen Eisbohrkern entstammen. Die Zeitachse ist angeschrieben mit der Einheit [yr B.P.] und bedeutet years before present, also Jahre vor heute.

Chemische und physikalische Verunreinigungen

Das Eis selbst ist natürlich nie reines Wasser, sondern enthält viele chemische und physikalische Verunreinigungen. Die wichtigsten Komponenten werden auch hier routinemässig gemessen und interpretiert. Hier eine kleine Auswahl davon: H_2O_2 , NH_4^+ , Ca^{2+} , NO_3^- , Na^+ , organischer Kohlenstoff. Anhand der festen Verunreinigungen im Eis kann ferner die Aerosol-Zusammensetzung der Atmosphäre und der Fluss extraterrestrischen Staubes auf die Erde in der Vergangenheit untersucht werden.

Prof. Dr. Hubertus Fischer und sein Team an der **Abteilung für Klima und Umweltphysik (KUP)** der Universität Bern sind Spezialisten im Analysieren von Eisbohrkernen. Die Ausrüstung, die zum Bohren der Bohrkerne gebraucht wird (insbesondere die Bohrköpfe), wird von spezialisierten Mechanikern in der Werkstatt der des Physikalischen Instituts der Uni Bern eigens entwickelt und gebaut. Meistens sind diese Leute dann auch beim Bohren vor Ort dabei.

<http://www.climate.unibe.ch>

Lösungen

1.

- Temperatur
- Luftfeuchtigkeit
- Niederschlagsmenge
- Windstärke
- Sonnenscheindauer
- ...

2.

- Veränderung der Luftzusammensetzung durch das Verbrennen fossiler Brennstoffe
- Abholzen der Regenwälder
- Monokulturen, Reisplantagen
- Rodung von Waldflächen für Viehzucht
- ...

3.

- a. Seesedimente
- b. Fossiles Plankton
- c. Historische Aufzeichnungen
- d. Fossile Korallen
- e. Tropfsteine
- f. Eisbohrkerne
- g. Baumringe

4. Die jährliche Schneehöhe, die fällt, erhältst du indem du die Akkumulationsrate (in $\text{kg/m}^2 \cdot \text{Jahr}$) durch die Dichte von Schnee teilst:

$$h = \frac{A}{\rho} = \frac{25\text{kg/m}^2\text{Jahr}}{200\text{kg/m}^3} = 0.13\text{m/Jahr}$$

Diese geringe Niederschlagsmenge ist typisch für das zentrale Hochplateau der Antarktis. Wir haben es hier mit einer Wüste zu tun, einem Ort mit extrem geringem jährlichem Niederschlag.

5. Nach 150 Metern ist also der Schnee zu Eis geworden und hat dort bereits ein Alter von etwa 2000 Jahren. Du kannst nun berechnen, wie lange es dauert die verbleibenden 150 Meter Eis aufzubauen:

Wenn du die gleiche Rechnung wie bei der Aufgabe 4 machst, aber für die Dichte diejenige von Eis nimmst, dann erhältst du einen jährlichen Eiszuwachs von

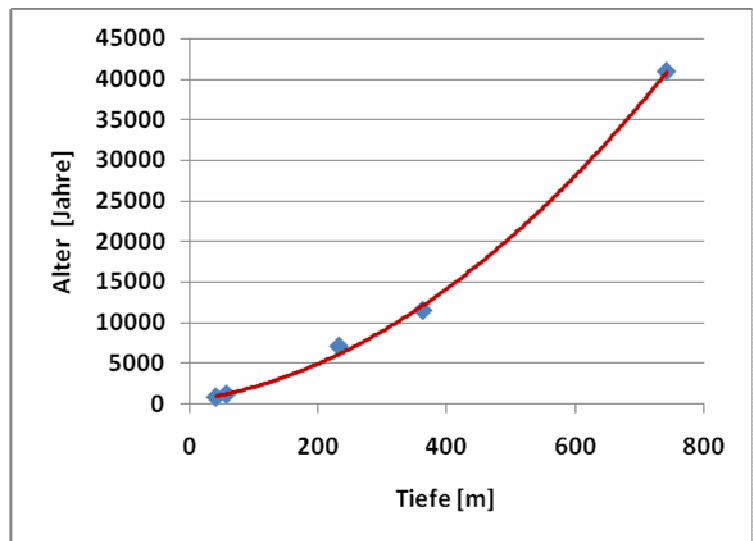
$$h = \frac{A}{\rho} = \frac{25\text{kg/m}^2\text{Jahr}}{900\text{kg/m}^3} = 0.03\text{m/Jahr}$$

Teilst du nun die 150 Meter durch diese 0.03 Meter/Jahr ergibt das 5400 Jahre und zusammen mit den 2000 Jahren der obersten Schicht ergibt das ein Alter von **7400 Jahren**.

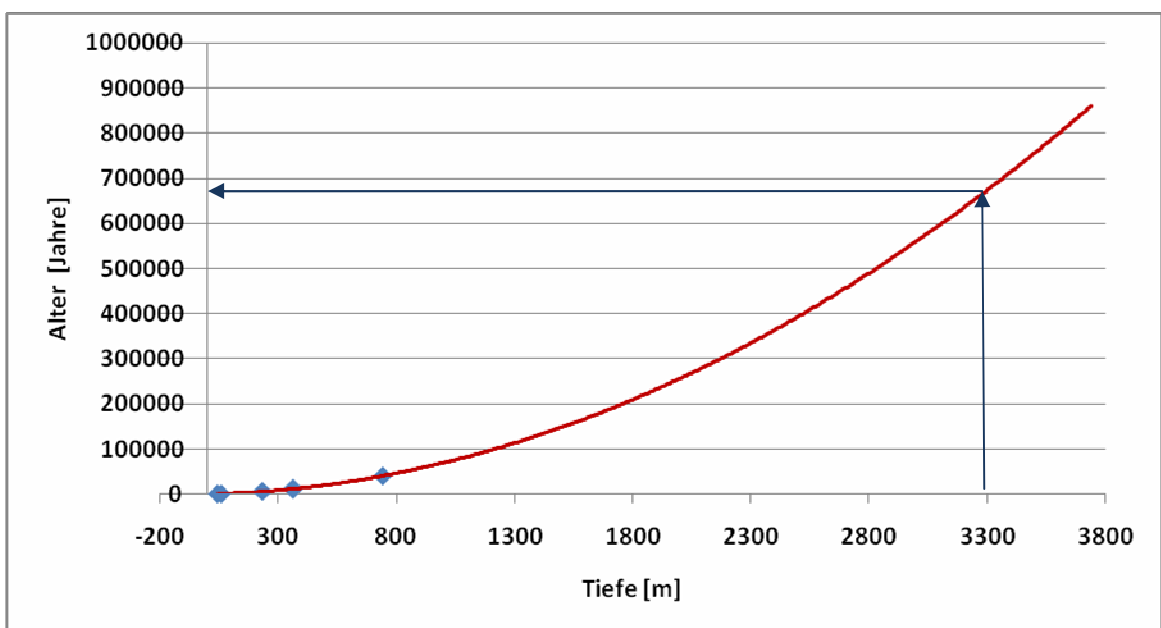
6. Rechnest du die 3300 Meter Eisdicke durch die 0.03 Meter/Jahr so ergibt das **runde 120'000 Jahre**. Dies steht in krassem Gegensatz zu den Behauptungen das Alter des Eises sei am Grund des Eispanzers bis zu einer Million Jahre alt.
7. Wenn Du die Informationen über den Zusammenhang zwischen der Tiefe und dem Alter im Eisbohrkern Dome C in einer Grafik darstellst bekommst du die Grafik A.

Tiefe [m]	Alter [Jahre]
41.52	831
58	1200
233	7100
363.5	11530
742.2	41000

Die rote Linie bekommst du, wenn du die Datenpunkte in der Grafik mit der rechten Maustaste anklickst und unter der Option „Trendlinie einfügen“ eine polynomische Funktion 2. Grades (quadratische Funktion) einfügst.



Du kannst nun die eingefügte Trendlinie extrapolieren (weiterziehen), indem du unter „Trendlinie formatieren“ (mit rechter Maustaste auf die Trendlinie klicken) die entsprechende Option anwählst.



Bei 3300 Metern kannst du so ein Alter von **fast 700'000 Jahren** ablesen.