



Doctoral Thesis

Kosmogene Radioisotope im Pleistozän des Summit-GRIP-Eiskerns Implikationen für die Klimaforschung

Author(s):

Baumgartner, Stephan

Publication Date:

1995

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001534228> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Kosmogene Radioisotope im Pleistozän des Summit-GRIP-Eiskerns

Implikationen für die Klimaforschung

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER NATURWISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von

Stephan Michael Moses Baumgartner
Dipl. Phys. Universität Basel

geboren am 19. September 1965
von Cham ZG



Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. D. Imboden, Referent
Prof. Dr. B. Stauffer, Korreferent
Dr. J. Beer, Korreferent

Abstract

In 1992, the members of the European Greenland Icecore Project (GRIP) finished drilling a deep (3028.8 m) ice core at Summit (73° 34' N, 37° 37' W), situated at the very top of the Greenland ice sheet (3240 m a.s.l.). The contribution of the work described here to GRIP consists of an analysis of the natural cosmogenic radioisotopes ^{10}Be and ^{36}Cl , mainly in the lower part of this ice core, the deposition of which occurred during the last (Wisconsin) ice age.

During the last 120 kyr, the concentrations of both ^{10}Be and ^{36}Cl are highly correlated with $\delta^{18}\text{O}$, which is used as an estimate of paleotemperatures. This correlation is interpreted in terms of a changing precipitation rate. Assuming radioisotope fluxes to be independent of $\delta^{18}\text{O}$, the correlation of the ^{10}Be and ^{36}Cl concentrations with $\delta^{18}\text{O}$ is used to estimate the dependence of the precipitation rate on $\delta^{18}\text{O}$. This dependence is approximately exponential. Within the limits of error, the parameters of the exponential relationship are the same as those determined by annual layer counting and ice-flow modelling. This enhances confidence in both methods and also gives a partial justification for the use of ^{10}Be and ^{36}Cl for reconstructing the precipitation rate when annual layers cannot be identified.

The fluxes of ^{10}Be and ^{36}Cl are not constant, but vary with time. Of all possible causes for this, only variations in the geomagnetic field can be reconstructed using independent methods, since no data allowing the determination of past values of solar variability and extraterrestrial cosmic ray flux are available on longer time scales. An attempt was therefore made to use production models to estimate the influence of the geomagnetic field, as reconstructed by the study of sediment cores, on the production rate of ^{10}Be and ^{36}Cl . Results indicate that a large part of the variability in the fluxes of ^{10}Be and ^{36}Cl can be explained by geomagnetic field variations. It is not yet clear whether the discrepancies between the measured and modelled fluxes are due to problems in reconstructing the geomagnetic field, to inadequacies in the production models, to solar modulation or to extraterrestrial influences.

The "Raisbeck-Peak", formerly identified as a double peak in concentration and flux of ^{10}Be in the Vostok (Antarctica) ice core at about 37 kyr BP, was found in the Summit GRIP ice core in both ^{10}Be and ^{36}Cl . This peak therefore seems to occur globally and might be useful for the interhemispheric correlation of ice and sediment cores. This would have important consequences for climate research.

^{10}Be in the Summit GRIP ice core is partially adsorbed on to dust particles. In the Wisconsin, the flux of ^{10}Be transported into the ice-core on dust particles is considered to be constant. This points to variable dust sources, since the dust flux is not constant. In the Wisconsin, the adsorption of ^{10}Be on to dust within the ice-core itself seems to be negligible. In the oldest parts of the ice core, however, dust adsorption seems to be of greater importance and can account for as much as 50% of the total ^{10}Be content.

On a time scale of 100 years, the $^{10}\text{Be}/^{36}\text{Cl}$ ratio is rather stable. It therefore has potential as a dating tool for old ice, if the ^{10}Be adsorption phenomenon is taken into account. Detailed application of this method to the Summit GRIP core will have to await the availability of a more detailed data set, but the method seems to be very promising.

Based on the results of this study, the analysis of both ^{10}Be and ^{36}Cl in future deep-ice drilling projects is strongly recommended.

Zusammenfassung

Im Rahmen eines europäischen Projekts wurden Teile des auf Summit (Grönland) geborgenen GRIP-Eiskerns auf ^{10}Be und ^{36}Cl analysiert. Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt dabei auf dem Teil des Kerns, welcher dem Pleistozän zuzuordnen ist.

Die ^{10}Be - und ^{36}Cl -Konzentrationen zeigen in einem Zeitbereich von ca. 120 ka eine hochsignifikante Korrelation zu den $\delta^{18}\text{O}$ -Messwerten. Dies wird als Einfluss einer variablen Niederschlagsrate gedeutet. Der Zusammenhang zwischen Akkumulation und $\delta^{18}\text{O}$ kann mit Hilfe der ^{10}Be - und ^{36}Cl -Konzentrationen bestimmt werden; die Form der erhaltenen Abhängigkeit ist von derjenigen, die durch Jahreslagen-Bestimmung erhalten wurde, statistisch nicht zu unterscheiden. Dies legt den Grund für Akkumulationsratenschätzungen in Fällen, wo Jahreslagen nicht identifizierbar sind.

Der mit Hilfe der geschätzten Akkumulationsrate berechnete ^{10}Be - und ^{36}Cl -Fluss ist während der letzten 90 ka nicht konstant, sondern zeitlich variabel. Produktionsmodelle erlauben es, die Einflüsse eines variablen Erdmagnetfelds auf die Radioisotopenproduktion mit Hilfe von Geomagnetfeldrekonstruktionen aus Sedimentkernen abzuschätzen. Die Resultate sind trotz der grossen inhärenten Unsicherheiten interessant. Es ist möglich, einen grossen Teil der Variationen im ^{10}Be - und ^{36}Cl -Fluss als geomagnetisch bedingt anzusehen. Die Restvariationen könnten auf Änderungen der Sonnenaktivität, auf Ungenauigkeiten in den Geomagnetfeldrekonstruktionen und den Produktionsmodellen, auf ungenügende Kenntnis des am Bohrort deponierten Troposphären/Stratosphären-Produktionsverhältnisses oder auf Änderungen im kosmischen Strahlungsfluss zurückzuführen sein.

Durch den Nachweis, dass der in der Antarktis gefundene "Raisbeck-Peak", ein doppelter Spitzenwert im ^{10}Be -Fluss um 37 ka BP, auch in der Arktis beobachtet werden kann, ist der Hinweis auf eine globale Zeitmarke gegeben, welche zur interhemisphärischen Korrelation von Eis- und Sedimentbohrkernen herangezogen werden kann.

Der Fluss von an atmosphärischem Staub adsorbiertem ^{10}Be ist nach den vorliegenden Daten während der letzten Eiszeit trotz des insgesamt stark schwankenden Staubflusses als konstant anzusehen. Dies deutet auf je nach Klimazustand unterschiedliche Quellregionen des auf Grönland deponierten Staubes.

Das $^{10}\text{Be}/^{36}\text{Cl}$ -Verhältnis stabilisiert sich auf einer Zeitskala von etwa 100 Jahren innerhalb einer solchen Schwankungsbreite, dass die Verwendung von $^{10}\text{Be}/^{36}\text{Cl}$ als Datierungshilfe möglich erscheint. Dabei ist zu berücksichtigen, dass im Archiv eine Adsorption von ^{10}Be an Staub stattfinden kann.

Aufgrund der erzielten Ergebnisse kann die Analyse von ^{10}Be und ^{36}Cl in zukünftigen Tiefeisbohrungen empfohlen werden; eine Differenzierung von ^{10}Be in die staub-adsorbierte und gelöste Fraktion ist von Vorteil.