



Doctoral Thesis

^{10}Be in marinen Sedimenten Anwendungen in der Geophysik und in der Paläo-Ozeanographie

Author(s):

Henken-Mellies, Wolf Ulrich

Publication Date:

1990

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000578023> →

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](#).

Diss. ETH Nr. 9191

**^{10}Be in marinen Sedimenten: Anwendungen
in der Geophysik und in der Paläo-Ozeanographie**

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels
DOKTOR DER NATURWISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von
Wolf Ulrich Henken-Mellies, geb. Kemmler
Dipl. Geol., Universität Tübingen
geboren am 02. 12. 1957
aus Deutschland

Angenommen auf Antrag von:
Prof. Dr. Kenneth J. Hsü, Referent
Prof. Dr. Willi Wölfli, Korreferent
1990

Zusammenfassung

Zwei Fragestellungen liegen dieser Arbeit zugrunde:

1. Kosmogene Isotope wie ^{10}Be werden durch Kernreaktionen zwischen der kosmischen Strahlung und Atomen der Atmosphäre (und äußersten Lithosphäre) gebildet. Da das Erdmagnetfeld die kosmische Strahlung teilweise abschirmt, ist die Produktion kosmogener Nuklide invers von der geomagnetischen Feldstärke abhängig. Bei Umpolungen des Erdmagnetfeldes sinkt die Feldstärke stark ab, was zu einem Produktionsanstieg der kosmogener Nuklide führen sollte. Ob dieser Produktionsanstieg im Fall von ^{10}Be in Form eines erhöhten ^{10}Be Gehaltes in Tiefseesedimenten nachweisbar ist, ist bisher nicht zweifelsfrei geklärt. Dieser Zusammenhang wird mit einer detaillierten Studie über mehrere Reversals überprüft.

2. Der Einfluß klimatischer und paläo-ozeanographischer Faktoren auf die Verteilung des ^{10}Be im Ozean und ozeanischen Sedimenten ist bisher nur in Ansätzen bekannt. Mit Hilfe von ^{10}Be Profilen in Tiefseesedimenten, die mehrere Klimazyklen überspannen, wird der Frage nachgegangen, in welcher Weise sich die quartären Klimazyklen auf die Verteilung von ^{10}Be in ozeanischen Sedimenten auswirken.

Die ^{10}Be Konzentrationswerte weisen innerhalb der einzelnen Profile starke Schwankungen auf, die zum Großteil durch Änderungen der Sedimentzusammensetzung zu erklären sind. Diese Schwankungen müssen herauskorrigiert werden, bevor die ^{10}Be Profile für geophysikalische und geologische Fragestellungen verwendet werden können. Calciumkarbonat adsorbiert etwa zwei Größenordnungen weniger ^{10}Be als Tonminerale; durch Umrechnung der ^{10}Be Konzentrationen auf karbonatfreie Basis können Schwankungen des ^{10}Be Gehaltes, die auf wechselnden Karbonatgehalt zurückzuführen sind, weitgehend eliminiert werden. In kontinentfernen Tiefseesedimenten variiert das Verhältnis von ^{10}Be zum adsorptiv gebundenen ^9Be nur um den Faktor 2-3 und entspricht annähernd dem $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ Verhältnis von ozeanischem Tiefenwasser. Das $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ Verhältnis der Sedimentprofile ist weitgehend unabhängig von lithologischen Schwankungen und eignet sich daher auch zum Normieren der ^{10}Be Werte.

Das Sedimentprofil von DSDP Site 519 (Südatlantik) wurde über vier magnetische Reversals hinweg detailliert analysiert. Die auf karbonatfreie Basis umgerechneten ^{10}Be Profile ähneln weitgehend den $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ Profilen. An drei der vier Reversals (Brunhes/Matuyama, Matuyama/Olduvai und Olduvai/Matuyama) sind keine Erhöhungen der normierten ^{10}Be Werte zu erkennen. Lediglich in einem Fall (Matuyama/Gauss-Reversal) läßt sich ein Zusammenhang zwischen erniedrigter Erdmagnetfeld-Stärke und erhöhten ^{10}Be Werten herstellen, wenn man annimmt, daß das magnetische Signal erst in 50cm Sedimenttiefe fixiert wurde.

Sowohl in DSDP Site 519 als auch in Site 580 (NW Pazifik) besteht ein Zusammenhang zwischen den $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ Werten und den an Foraminiferen gemessenen Sauerstoffisotopen-Werten: In Warmzeiten (negativere $\delta^{18}\text{O}$ -Werte) ist das $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ Verhältnis höher als in Kaltzeiten. Es werden

mehrere Hypothesen diskutiert um diesen Zusammenhang zu erklären:

- Zufuhr von ^{10}Be aus abschmelzendem glazialen Eis,
- unterschiedliche Kontinent - Ozean - Verteilung des ^{10}Be ,
- unterschiedliche Verteilung des ^{10}Be zwischen Kontinentalrand und Tiefsee,
- unterschiedliche Verteilung des ^{10}Be zwischen den Ozeanen,
- Änderung der ^{10}Be Produktion. Mit den Daten am besten vereinbar ist das Modell, daß die Verteilung des ^{10}Be im Ozean maßgeblich durch die Intensität des Partikelflusses an den Rändern der Ozeane gesteuert wird. In Glazialzeiten ist der Partikelfluß an den Ozeanrändern erhöht (durch verstärktes Upwelling und dadurch, daß die Schelfe weitgehend trockengefallen sind und als Auffanggebiete für kontinentalen Detritus entfallen). Der höhere Partikelfluß führt dazu, daß mehr ^{10}Be dem offenen Ozean entzogen wird und an den Rändern sedimentiert wird. ^{10}Be Daten von Kernen aus Hochproduktivitäts-Gebieten bestätigen diese Hypothese.

Eine Korrelation von $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ mit $\delta^{13}\text{C}$ legt nahe, daß auch eine Beziehung zwischen der Be-Isotopen Verteilung und der organischen Produktivität im Ozean besteht.

Anhand von Rechenbeispielen wird die Hypothese quantitativ bestätigt, daß die Ozeanränder die wichtigsten Senken für ^{10}Be darstellen und sowohl auf das ^{10}Be Budget als auch auf das $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ Verhältnis einen maßgeblich bestimmenden Einfluß haben.

Abstract

Two problems are investigated in this study:

1. Cosmogenic isotopes (such as ^{10}Be) are produced by nuclear reactions of cosmic rays with atoms of the earth's atmosphere and uppermost lithosphere. Due to the shielding effect of the earth's magnetic field against cosmic rays the production of cosmogenic nuclides is inversely related to the geomagnetic field intensity. During geomagnetic reversals, when the field intensity is strongly reduced, the production of cosmogenic isotopes should increase. There is no unambiguous evidence yet, whether this increase is reflected in higher concentrations of ^{10}Be at reversal horizons in deep sea sediments. This relationship is analysed in detail across four magnetic reversals.

2. The influence of climatic and paleoceanographic factors on the distribution of ^{10}Be in the ocean is as yet only poorly known. ^{10}Be profiles in deep sea sediments spanning several climatic cycles are used to evaluate the influence of the Quaternary climatic cycles on the distribution of ^{10}Be in oceanic sediments.

Within the individual sediment profiles the ^{10}Be concentration values exhibit great fluctuations which are largely due to different sediment composition. Before applying the ^{10}Be profiles to geophysical and geological problems, these compositional changes have to be corrected for: About two orders of magnitude less ^{10}Be is adsorbed onto calcite than onto clay minerals; hence ^{10}Be concentration changes due to changing CaCO_3 percentage of the sediment can largely be eliminated by recalculating the ^{10}Be concentration on a carbonate-free basis. In pelagic deep sea sediments the ratio of adsorptive bound $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ varies by a factor of 2-3 and is similar to the $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ ratio of deep ocean water. The $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ ratio of the sediment profiles is largely independent of lithologic changes and is therefore also suitable for normalization of the ^{10}Be data.

The sediment profile of DSDP Site 519 (South Atlantic) was analyzed in detail across four geomagnetic reversals. The carbonate-free recalculated ^{10}Be profiles and the $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ profiles are overall similar. At three reversals (Brunhes/Matuyama, Matuyama/Olduvai and Olduvai/Matuyama) there is no increase in the normalized ^{10}Be values. Only at one reversal (Matuyama/Gauss) there are increases in the normalized ^{10}Be values which could be related to subdued geomagnetic field intensity, if one accepts that the remanent magnetisation was acquired 50cm below the sediment surface.

In DSDP Site 519 as well as in Site 580 there is a relation between the $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ values and the oxygen isotope values measured on foraminifera: In interglacial times (lower $\delta^{18}\text{O}$ values) the $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ ratio is generally higher than in glacial times. Several hypotheses are discussed to explain this relationship:

- input of ^{10}Be from melting of glacial ice,
- different distribution of ^{10}Be between continents and oceans,
- different distribution of ^{10}Be between continental margins and the deep sea,

- different distribution of ^{10}Be between the oceans,
- changing ^{10}Be production rate.

The facts agree best with the model that the distribution of ^{10}Be in the ocean is mainly controlled by the intensity of the particle flux at the ocean margins. In glacial times the particle flux at the margins is higher (due to increased upwelling and due to the fact that the shelves are above sea level and are eroded instead of accumulating continental detritus). The higher particle flux leads to a higher scavenging activity at the ocean margins; more ^{10}Be is deposited in marginal sediments and the open ocean becomes depleted in ^{10}Be . Data from marginal high productivity sites support this hypothesis.

A correlation of $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ with $\delta^{13}\text{C}$ of planctonic foraminifera suggests that there is also a relation between the distribution of the Be isotopes and the organic productivity in the ocean.

Quantitative calculations support the hypothesis that the ocean margins (continental slopes and rises) are the most important sinks for ^{10}Be and that they exert a major control on the ^{10}Be budget and the $^{10}\text{Be}/^9\text{Be}$ ratio of the oceans.