

# <sup>3</sup>#Chlor in Grönlandeis

**Doctoral Thesis**

**Author(s):**

Lukasczyk, Christian Emil

**Publication date:**

1994

**Permanent link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000965554>

**Rights / license:**

In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

Diss. ETH Nr. 10'688

# **$^{36}\text{Cl}$ im Grönlandeis**

ABHANDLUNG

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

vorgelegt von  
Christian Emil Lukasczyk  
Dipl. Natw. ETH  
geboren am 26. Februar 1963  
von Buchs (AG)

Angenommen auf Antrag von  
Prof. Dr. D. M. Imboden, Referent  
Prof. Dr. A. Waldvogel, Korreferent  
Dr. J. Beer, Korreferent

1994

## Zusammenfassung

In den Eiskernen von Milcent und Dye 3 in Grönland wurden die Konzentrationen von  $^{36}\text{Cl}$  gemessen. Der Datensatz von Dye 3 hat eine Auflösung von etwa einem Jahr und umfasst die Zeitspanne von 1567 - 1890 AD, der Datensatz von Milcent reicht von 1181 bis 1821 AD bei einer Auflösung von 3 - 7 Jahren.

Diese Zeitreihen wurden mit den  $^{10}\text{Be}$ -Messungen an denselben Proben sowie mit den  $^{36}\text{Cl}$ -Messungen in Camp Century in Nordgrönland (Conard et al. 1989) verglichen. Die  $^{36}\text{Cl}$ - wie auch die  $^{10}\text{Be}$ -Produktion werden durch die Sonne moduliert. Die Übereinstimmung zwischen der  $^{10}\text{Be}$ - und der  $^{36}\text{Cl}$ -Konzentration und deren Ähnlichkeit zum  $\Delta^{14}\text{C}$ -Verlauf in Baumringen (Stuiver und Quay 1980) zeigen, dass das Spallationssignal in den beiden Isotopenreihen im Eis auf Zeitskalen von mehr als einem Jahr dominiert. Zum einen sind alle vier Sonnenminima (Wolf (1280 - 1350 AD), Spörer (1420 - 1540 AD), Maunder (1645 - 1715 AD) und Dalton (1790 - 1830 AD)) in den Konzentrationsverläufen beider Isotope sichtbar, besonders deutlich das Maunder-Minimum. Zum anderen konnte im Kern von Dye 3 zum ersten Mal der Schwabezyklus in der  $^{36}\text{Cl}$ -Konzentration nachgewiesen werden. Er zieht sich auch über das Maunder-Minimum hin, obwohl damals kaum Sonnenflecken zu beobachten waren.

In den Zeitreihen von  $^{10}\text{Be}$  und  $^{36}\text{Cl}$  sind neben dem Schwabezyklus auch dessen Harmonische sowie langperiodische Oszillationen von 60 und 87 Jahren (Gleissbergzyklus) sichtbar. Es werden Hinweise gefunden, dass zwischen starken Phasenverschiebungen im Schwabezyklus und den langperiodischen Schwingungen ein Zusammenhang besteht.

Trotz der Übereinstimmungen zwischen  $^{10}\text{Be}$  und  $^{36}\text{Cl}$  weist das  $^{10}\text{Be}/^{36}\text{Cl}$ -Verhältnis im Eis in unregelmässigen Abständen hohe Maxima auf und schwankt um bis zu einen Faktor 3, was auch schon in früheren Messungen festgestellt worden war (Suter et al. 1987; Elmore et al. 1987a). Zudem ist der beobachtete Mittelwert des globalen  $^{36}\text{Cl}$ -Flusses verglichen

## Zusammenfassung

---

mit Produktionsrechnungen zu hoch. Deshalb liegt derjenige des  $^{10}\text{Be}/^{36}\text{Cl}$ -Verhältnisses um etwa einen Faktor 2 - 10 unter dem berechneten Wert. Abschätzungen zeigen, dass keine zusätzliche  $^{36}\text{Cl}$ -Quelle die Ursache für die  $^{10}\text{Be}/^{36}\text{Cl}$ -Variationen und den zu hohen  $^{36}\text{Cl}$ -Mittelwert sein kann.

Die hohen  $^{10}\text{Be}/^{36}\text{Cl}$ -Maxima treten vorwiegend an Uebergängen zu solaren Minimumsperioden auf, wo sich die Zahl der auftretenden Sonnenflecken stark ändert. Im Dalton-Minimum stehen meteorologische Daten zur Verfügung, aus denen geschlossen werden kann, dass gleichzeitig mit den  $^{10}\text{Be}/^{36}\text{Cl}$ -Maxima klimatische Störungen auftreten. Da die hohen Verhältnismaxima nicht allein durch Produktionseffekte erklärt werden können, legt dies den Schluss nahe, dass auf  $^{10}\text{Be}$  und  $^{36}\text{Cl}$  auch Transporteffekte in der Atmosphäre wirken, die wahrscheinlich teilweise selber durch die Schwankungen der Sonnenaktivität moduliert werden.  $^{10}\text{Be}/^{36}\text{Cl}$ -Schwankungen während eines Gewitterniederschlages bestätigen, dass  $^{10}\text{Be}$  und  $^{36}\text{Cl}$  von atmosphärischen Prozessen unterschiedlich beeinflusst werden können.

## Abstract

Polar ice cores are known to be excellent archives for various climatic parameters. They allow the reconstruction of many aspects of the climate back to more than 200'000 years with high resolution. This work has focussed on the radioactive isotopes  $^{36}\text{Cl}$  and  $^{10}\text{Be}$ , which are produced in the atmosphere by cosmic rays and finally deposited in the ice.

The  $^{36}\text{Cl}$ -concentrations in the ice cores from Milcent and Dye 3 in Greenland have been measured. The Dye 3 data set has a resolution of one year throughout almost the whole measured core section from 1567 to 1890 AD. The Milcent core covers the period from 1181 to 1821 AD and has a resolution of 3 to 7 years. These records were compared to the  $^{10}\text{Be}$ -concentrations measured in the same samples and to the  $^{36}\text{Cl}$ -concentrations in the Camp Century ice core from northern Greenland measured by Conard et al. (1989). As previously found for the  $^{10}\text{Be}$ -concentrations, the  $^{36}\text{Cl}$ -concentrations are also modulated by the solar activity, which can be seen mainly in two effects. First, all four solar minimum periods (Wolf (1280 - 1350 AD), Spörer (1420 - 1540 AD), Maunder (1645 - 1715 AD) and Dalton (1790 - 1830 AD)) can be seen. The Maunder Minimum is the most clearly visible. Second, as could be shown in the Dye 3 ice core for the first time, the Schwabe cycle appears not only in  $^{10}\text{Be}$ -, but also in the  $^{36}\text{Cl}$ -concentration. It was also present during the Maunder Minimum, when hardly any sunspots could be observed.

In addition to the Schwabe signal, the time series of  $^{10}\text{Be}$  and  $^{36}\text{Cl}$  also exhibit the harmonics of the Schwabe cycle and oscillations with longer periods of 60 and 87 years (Gleissberg cycle). There are indications that strong phase shifts in the Schwabe signal occur in connection with the minima of these low frequency oscillations.

Despite of all this conformity between  $^{10}\text{Be}$  and  $^{36}\text{Cl}$ , the  $^{10}\text{Be}/^{36}\text{Cl}$ -ratio in the ice irregularly shows high maxima and varies by up to a factor of three, as has been found earlier (Suter et al. 1987; Elmore et al. 1987a).

## Abstract

---

Moreover, the observed global  $^{36}\text{Cl}$ -flux exceeds the calculations. Therefore, the observed global mean of the  $^{10}\text{Be}/^{36}\text{Cl}$ -ratio is 2 - 10 times too low. It can be estimated, that no additional source of  $^{36}\text{Cl}$  is responsible neither for the  $^{36}\text{Cl}$  excess nor for the variations of the ratio in the Greenland ice.

The high  $^{10}\text{Be}/^{36}\text{Cl}$ -maxima which cannot be explained solely by production effects in the atmosphere, occur predominantly at the edges of solar minimum periods, where the observed number of sunspots changes rapidly. During the Dalton Minimum meteorological data exist which show unusual climatological behavior occurring together with the  $^{10}\text{Be}/^{36}\text{Cl}$ -maxima. One can conclude therefore that  $^{10}\text{Be}$  and  $^{36}\text{Cl}$  are also modulated by atmospheric transport effects which themselves may be partly influenced by the variations of solar activity.  $^{10}\text{Be}/^{36}\text{Cl}$ -variations observed during a precipitation event in a thunderstorm confirm indeed that  $^{10}\text{Be}$  and  $^{36}\text{Cl}$  can be treated differently by atmospheric processes.