

Paleo-Climate

**Prof. A. Mangini
Institut für Umweltphysik
Universität Heidelberg
INF 229
69120 Heidelberg**

Contents:

- 1. Introduction**
- 2. Paleoclimate information inferred from**
 - Corals and foraminifera**
 - oceanic sediments**
 - stalagmites**

Was machen wir in HD?

Früher haben wir marine Sedimente untersucht

Sedimente mit Th/U datiert

Intensität der Ozean-Zirkulation

^{10}Be in marinen Sedimenten, Mn-Knollen

Korallen, Meeresspiegel

} Klima

Jetzt: Schwerpunkt Untersuchungen an Stalagmiten

Th/U-Datierung mit TIMS

Klimaarchive Stalagmiten ^{18}O , ^{13}C , Elemente

Synthetische Stalagmiten



Klimavariabilität, Einfluss der Sonne,
Kosmische Strahlung....

Klimamodelle

Woraus besteht ein ozeanischer Sediment?

Kontinentalen Detritus	Feinstaub (Tone)	1 – 100 %
	C_{org}	0,1 - 10 %
Biogene Komponenten	Karbonatschalen $CaCO_3$	0 – 100%
	Silikatschalen SiO_2	0 – 30 %
Authigene Komponente	z.B. Mn- Knollen	x %

Akkumulationsrate im Bereich von: 1 mm bis 20 cm /1000 Jahre

d.h. 10 m langer Kern ca. 1 Million bis 50.000 Jahre

Abbildung von Kalkschalen und Silikatischen Schalen

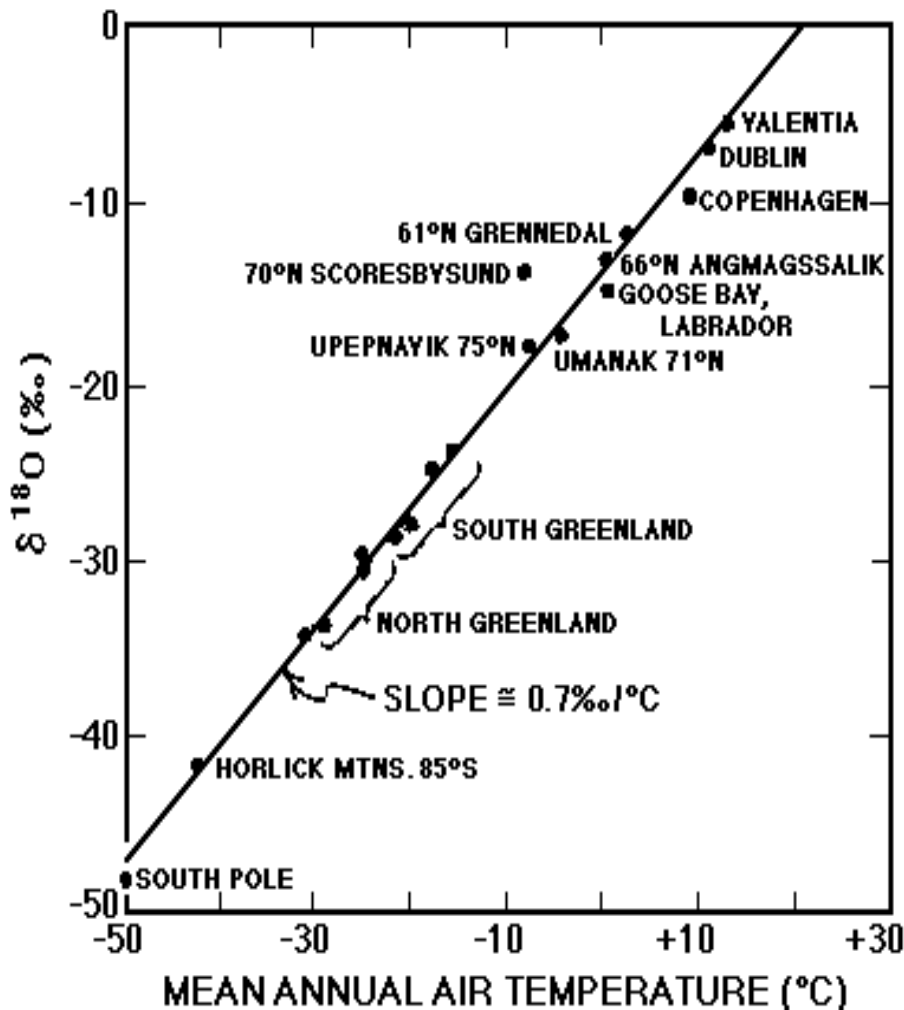
Welche Information liefert ein Sedimentkern?

Zusammensetzung {
Windstärke, Richtung
Biologische Produktivität
Ozean Chemie, O_2 , HCO_3^-

Ozean Zirkulation }
Wasser-Temperatur } Isotopie von ^{18}O und
Eisvolumen } ^{13}C in $CaCO_3$

Absolut-Datierung mit ^{14}C - und Th/U-Methoden

Information aus dem ^{18}O im Niederschlag



Observed $\delta^{18}\text{O}$ in average annual precipitation as a function of mean annual air temperature (Dansgaard, 1964). Note that all the points on this graph are for high latitudes (>45°). The $\delta^{18}\text{O}$ values are calculated as follows:

$$\delta^{18}\text{O} = \frac{{}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O} \text{ sample} - {}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O} \text{ std.}}{{}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O} \text{ std.}} \times 1000$$

Broecker, W.S. The Glacial World According to Wally,
 Copyright © 1993 by Eldigio Press.
 Reproduced by permission.

Das Isotopen-Signal in Kalkschalen

Der Kalk baut die Isotopie des Meerwassers ein.

Ausserdem gibt es ein Temperatur Effekt von $-0,23 \text{ ‰ / } ^\circ\text{C}$.

Während der Eiszeit

$$\text{Eisvolumeneffekt: } \frac{40\text{‰} \times 120 \text{ m}}{3800 \text{ m}} = 1,26 \text{ ‰}$$

Der Ozean ist also bis zu $1,3 \text{ ‰}$ schwerer

$$\text{Rest: } \sim 1,6 - 1,26 = 0,34 \text{ ‰}$$

$$0,34 \text{ ‰} / -0,23 \text{ ‰ / } ^\circ\text{C} = 1,47 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ kälter}$$

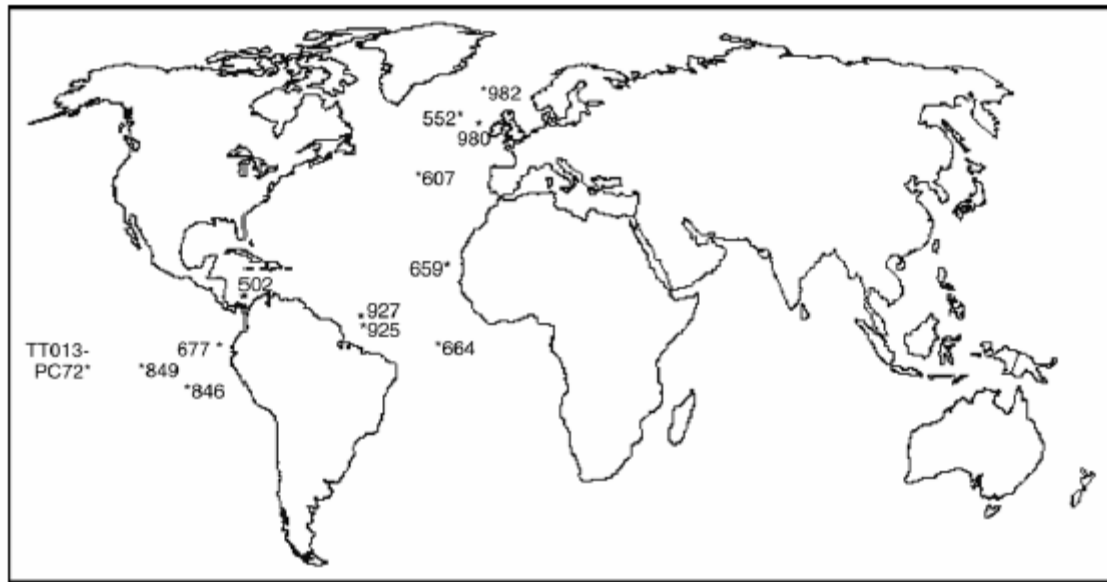


Figure 2. Locations of the cores used in this study. Information about each core is listed in Table 1.

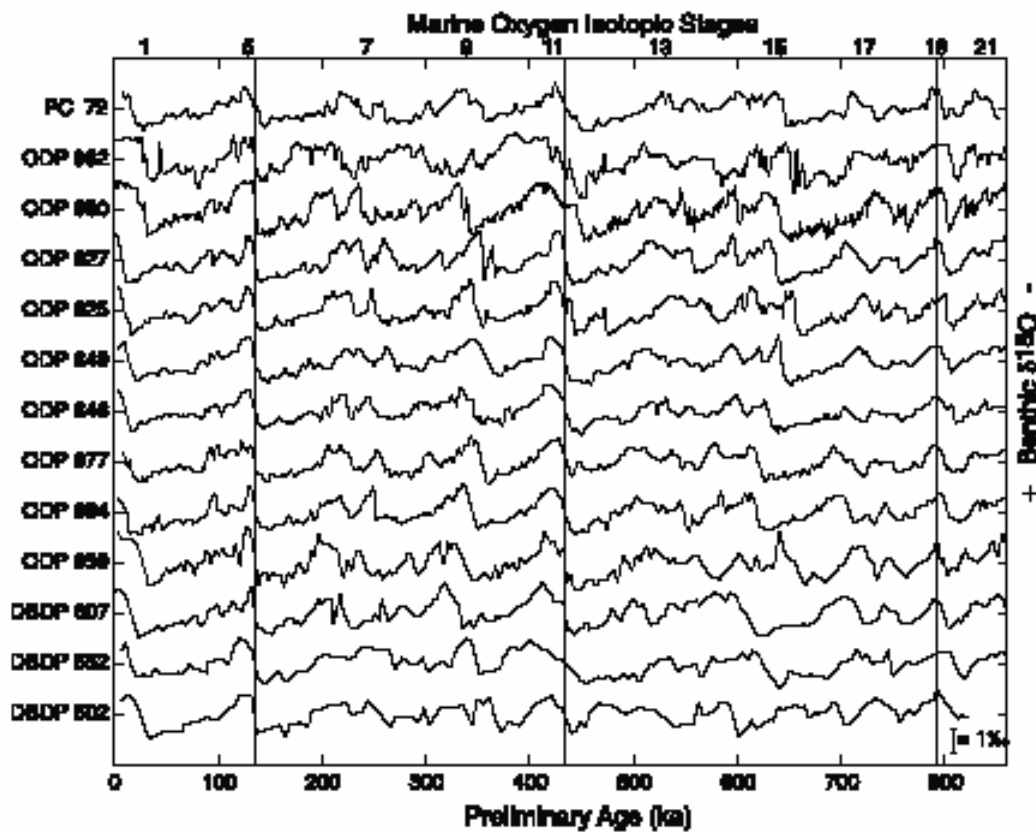


Figure 3. The 13 benthic $\delta^{18}\text{O}$ records with the radioisotopically determined ("untuned") timescale. The control points used are shown with vertical lines and include the core top (0 ka), glacial Terminations II (135 ka) and V (434 ka), and the centroid of marine isotopic stage 19, set to the age of the Brunhes-Matuyama geomagnetic reversal (790 ka). The depths of these control points are listed in Table 2.

Die Abfolge von Warm- und Kaltzeiten

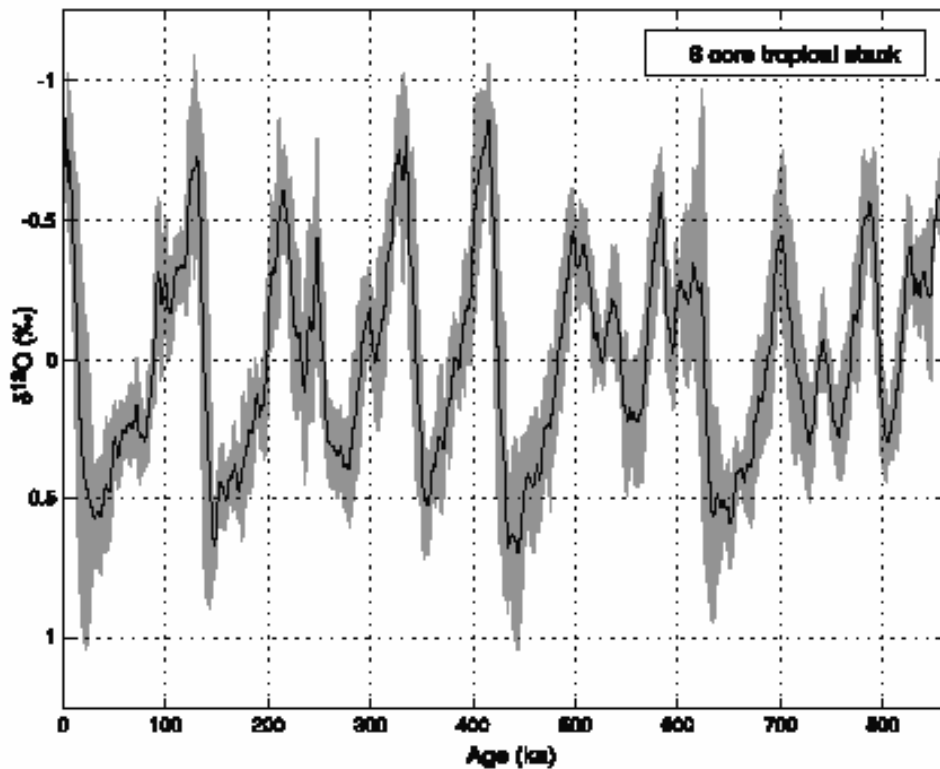


Figure 13. Stack of the six obliquity-tuned tropical benthic $\delta^{18}\text{O}$ records, with the 1σ uncertainty envelope.

Man erkennt eine Abfolge von Warm- und Kaltzeiten. Der Meeresspiegel variiert um etwa 120 m.

Was ist die Ursache für die Periodizität ?

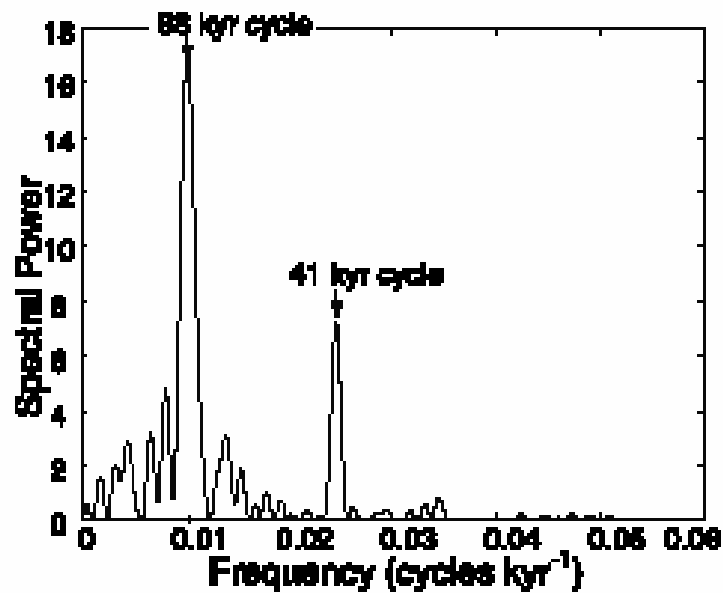


Figure 14. Power spectrum of the tropical stack. The largest peak is at ~ 0.01 cycles kyr⁻¹.

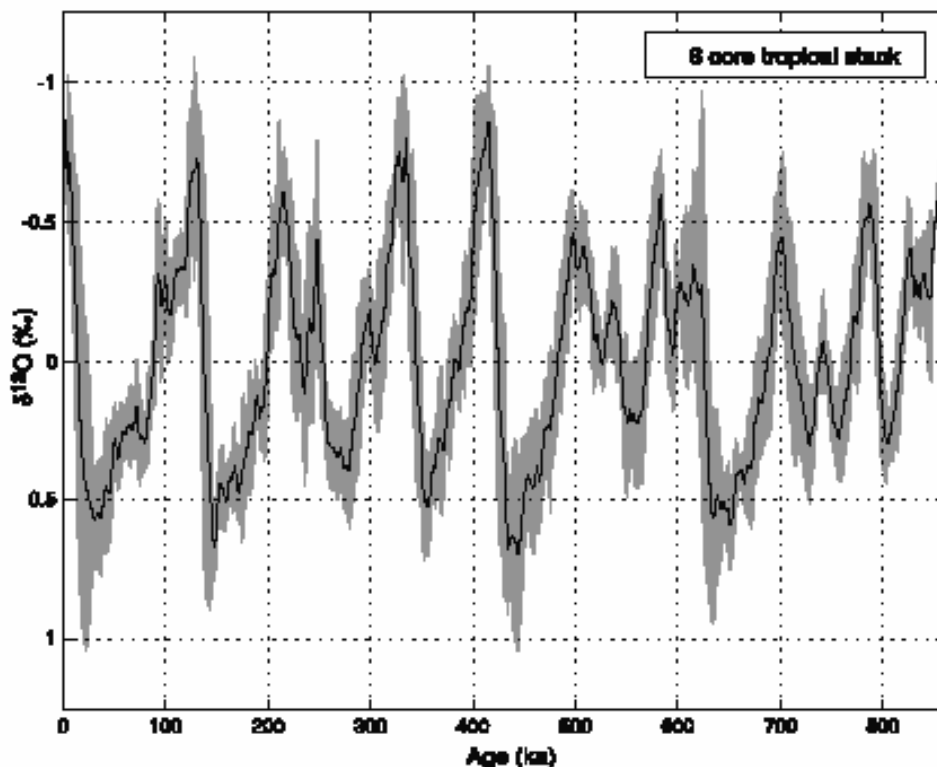


Figure 13. Stack of the six obliquity-tuned tropical benthic $\delta^{18}\text{O}$ records, with the 1σ uncertainty envelope.

Orbitale Parameter: Die Exzentrizität

Exzentrizität $e := \sqrt{1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2}$

Aktuell $e = 0,016772$ $a/b = 1,00014$

$$r := a \cdot \frac{1 - e}{2} \qquad R := a \cdot \frac{1 + e}{2}$$

$$(R-r)/r = 3,3\%$$

Abweichung von einer Kreisbahn durch
Einfluss von Jupiter und Venus

Es gibt drei Frequenzen
95 kyr, 125kyr und 400 kyr

Abbildung der Exzentrizität während der letzten 800 kyr

Frequenzspektrum der Exzentrizität

Die Präzession der Erde

Folge von „Abflachung“ der Erde am Äquator.
Periode 25,8 kyr

Die Präzession beeinflusst das Klima, weil das Perihelion zu unterschiedlichen Zeiten erfolgt. Zur Zeit am 4 Januar.

Nach der Milankovitch Hypothese sind wir in einem Interglazial, weil die NordEisflächen nicht bestehen können.

Die Lage des Perihelions wird durch die Exzentrizität beeinflusst. und es folgen drei Frequenzen 24, 22 und 19 kyr

Definition des Präzessionsparameters

$$p = e \cdot \sin \omega$$

Die Obliquität der Erde

Winkel der Erdachse zur Sonne 23,5 °

Die Obliquität variiert mit der Präzession der Erdachse (26 kyr)

und mit der Präzession der Ebene der Bahnachse (70 kyr)

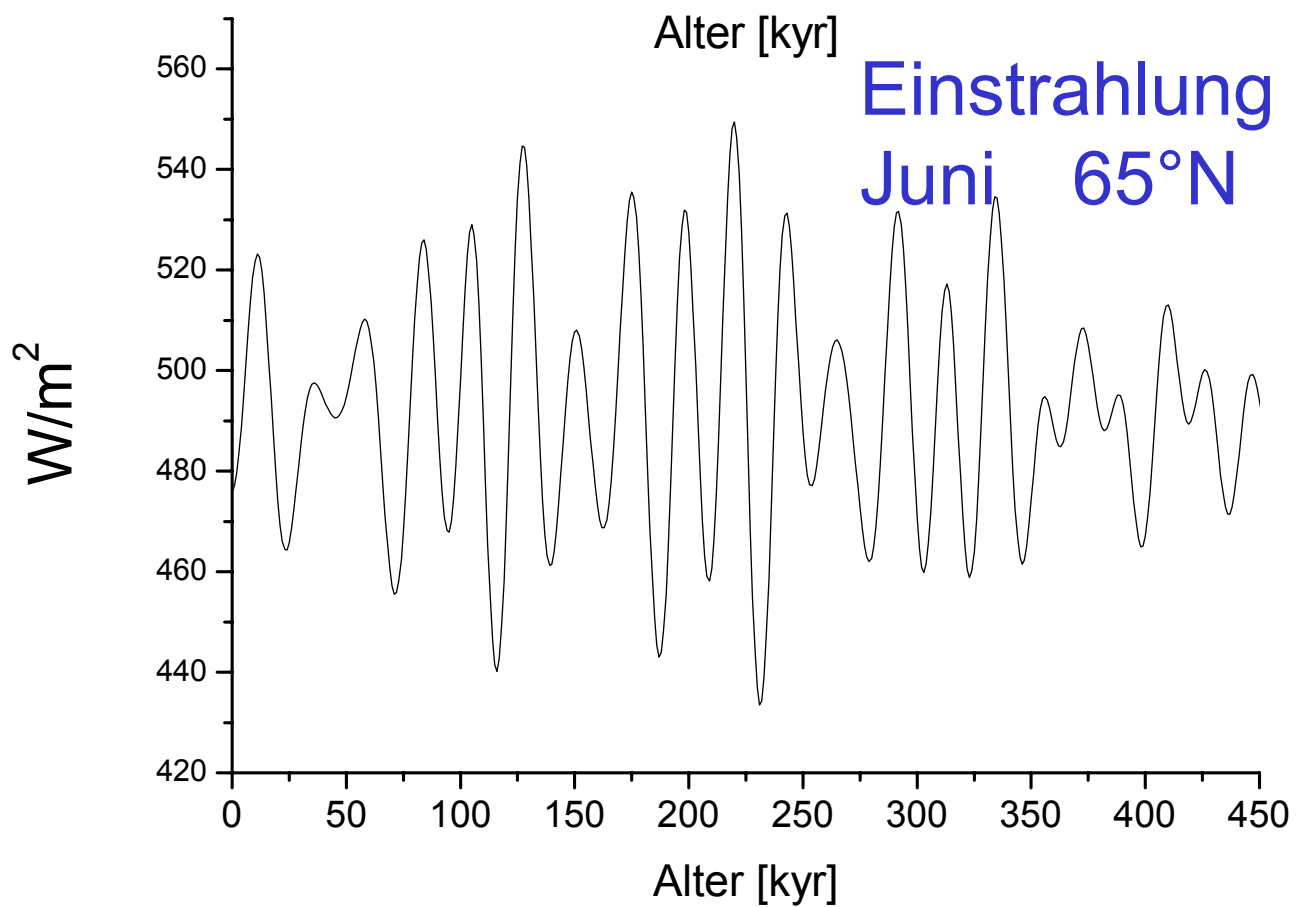
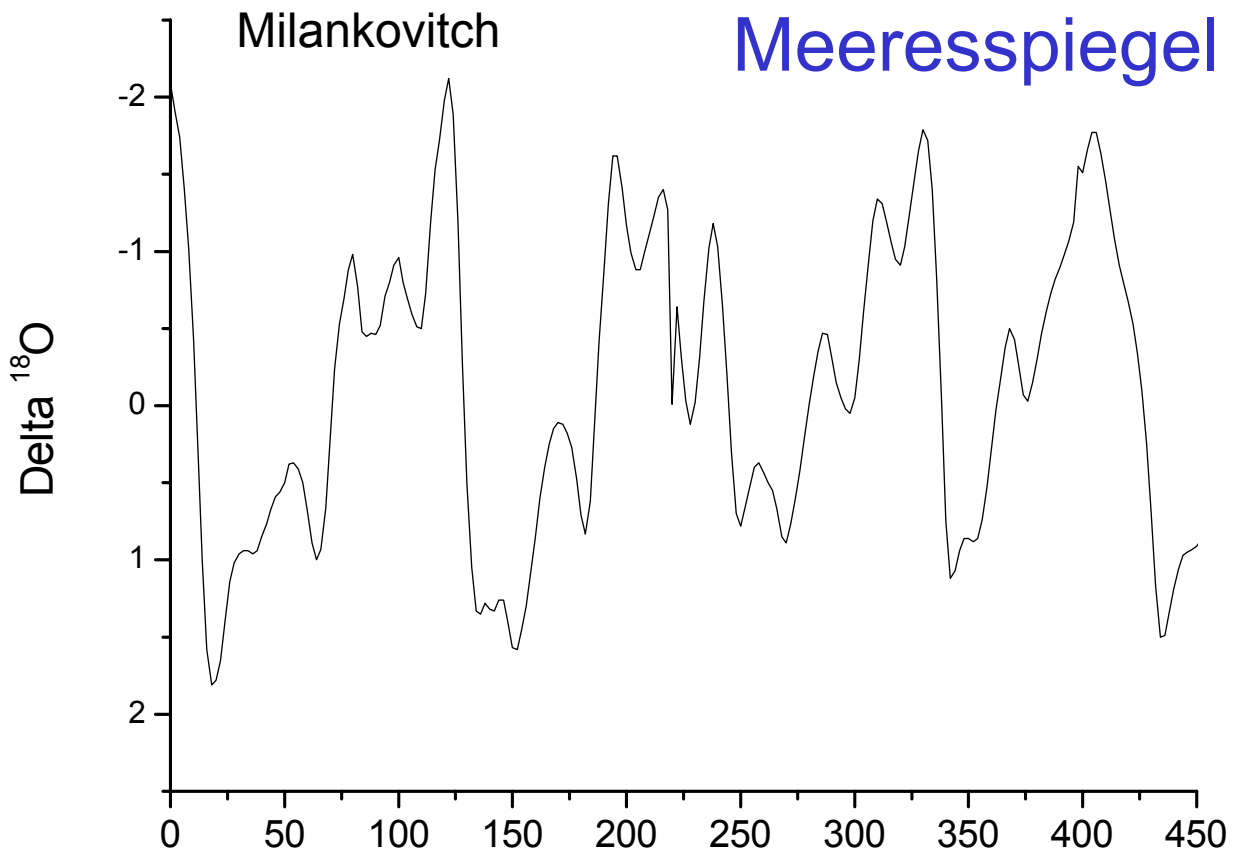
$$F_o = F_p - F_\omega = 0,024 \quad (41\text{kyr})$$

Die Präzession, Obliquität und Exzentrizität beeinflussen das Klima. Aber wie?

Milankovitch : Die Menge an Sonneneinstrahlung auf die nördliche Hemispäre (Juli 65°N) lenkt die Vereisung.

Seit Mitte 1970 bis heute! alle Klimaarchive damit zeitlich geeicht.

„ Datierung mariner Sedimente überflüssig“...



Probleme der Klimamodelle

- 1) das 100 kyr Problem. Das Eisvolumen während de letzten 1 Myr wird durch eine 100 kyr Oszillation dominiert. Nach dem Standard Modell sollten es 41 und 24, 22, 19 kyr sein.
- 2) Während Stadium 1 und Stadium 11 große Eisvolumen Schwankungen trotz kleiner Änderungen der Einstrahlung.
- 3) Das Timing Problem. Erwärmungen erfolgten auch während Einstrahlungsminima.
- 4) Unsplit Peak Problem. Man sollte die Perioden 95, 125 kyr sehen, sieht aber nur 100 kyr Perioden.
- 5) Das Fehlen der 400 kyr Periodizität.
- 6) Der Übergang von 41 kyr zu 100 kyr vor 1 Myr.

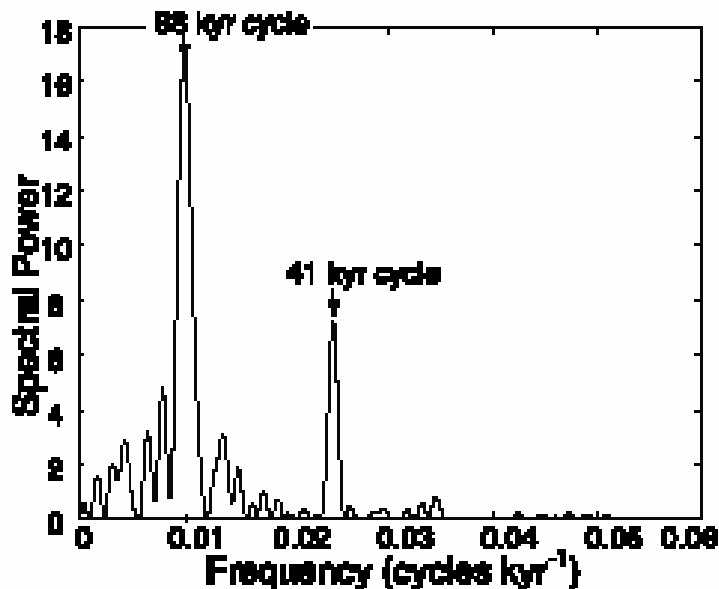
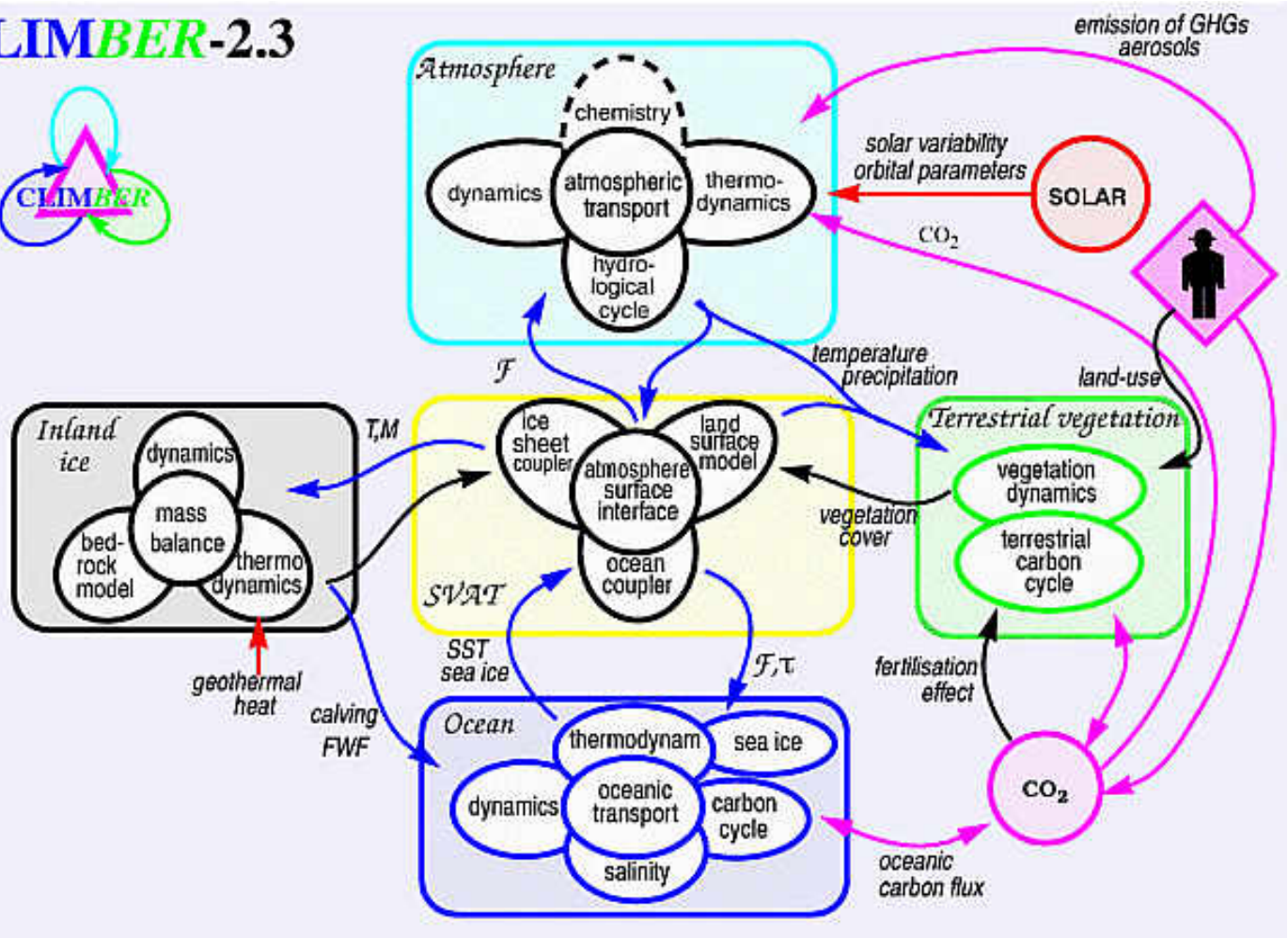


Figure 14. Power spectrum of the tropical stack. The largest peak is at ~ 0.01 cycles kyr⁻¹.

CLIMBER-2.3



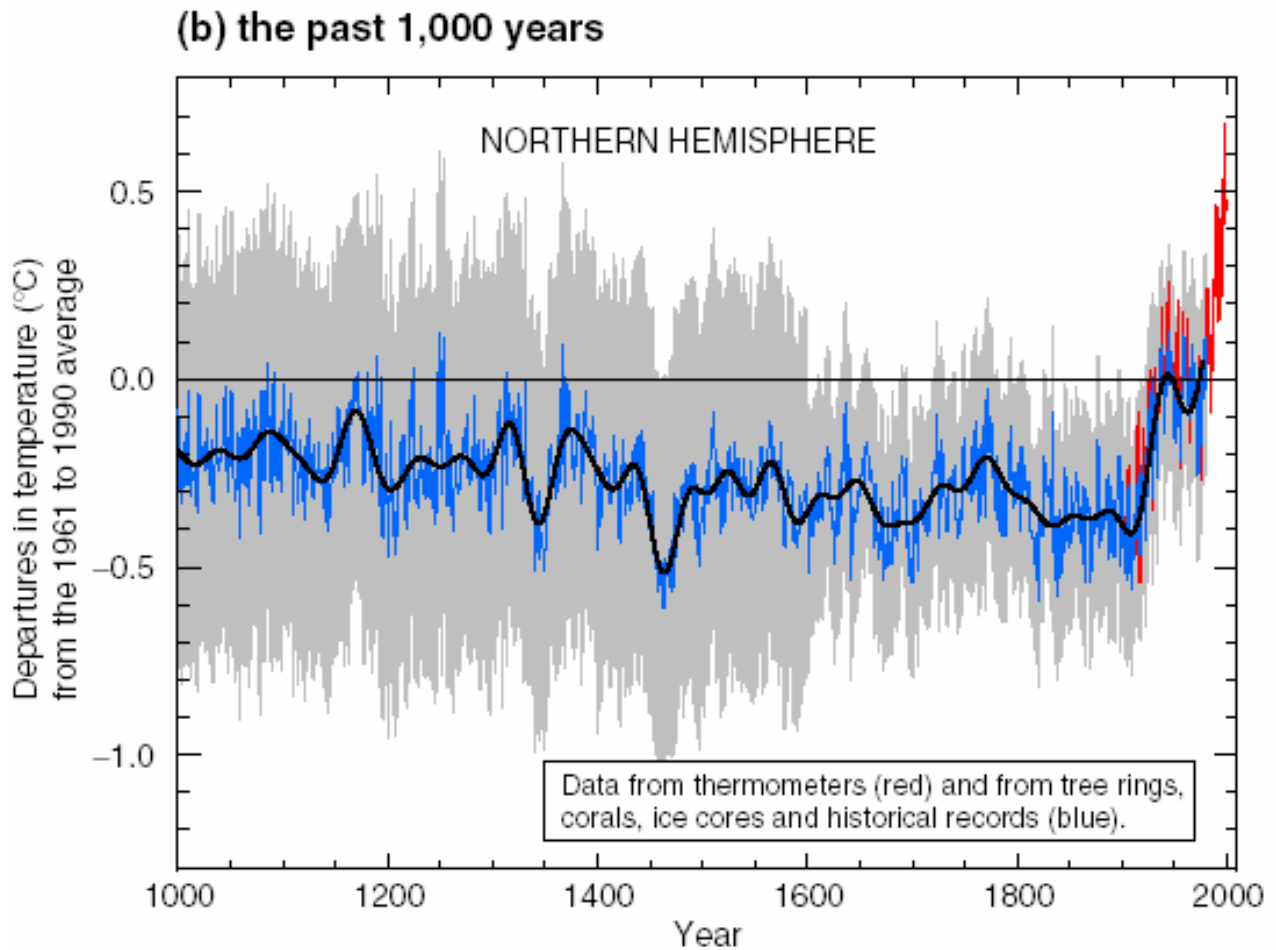
Die Prognosen der KlimaModellen beruhen auf Temperatur-kurven, die aus Klima-Archiven abgeleitet werden.



Es besteht ein dringender Bedarf an zuverlässigen und exakt datierten Klima-Archiven.

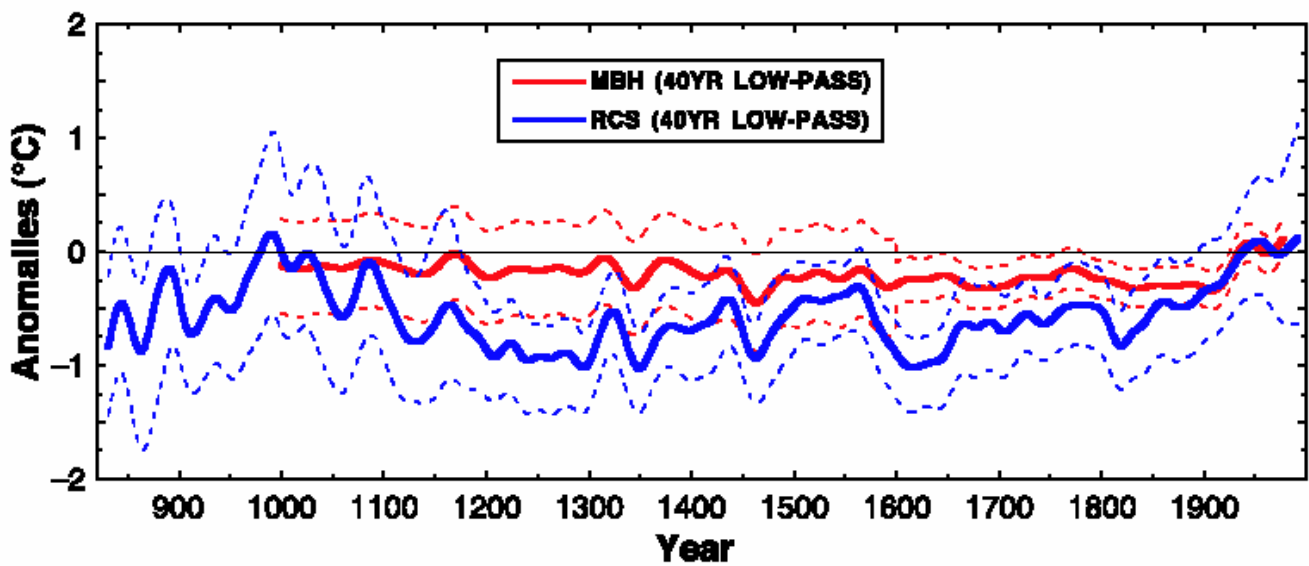
Zeitskalen von 1.000 und 300.000 Jahre wichtig

Temperatureentwicklung während der letzten 1500 Jahre nach dem IPCC (2001)



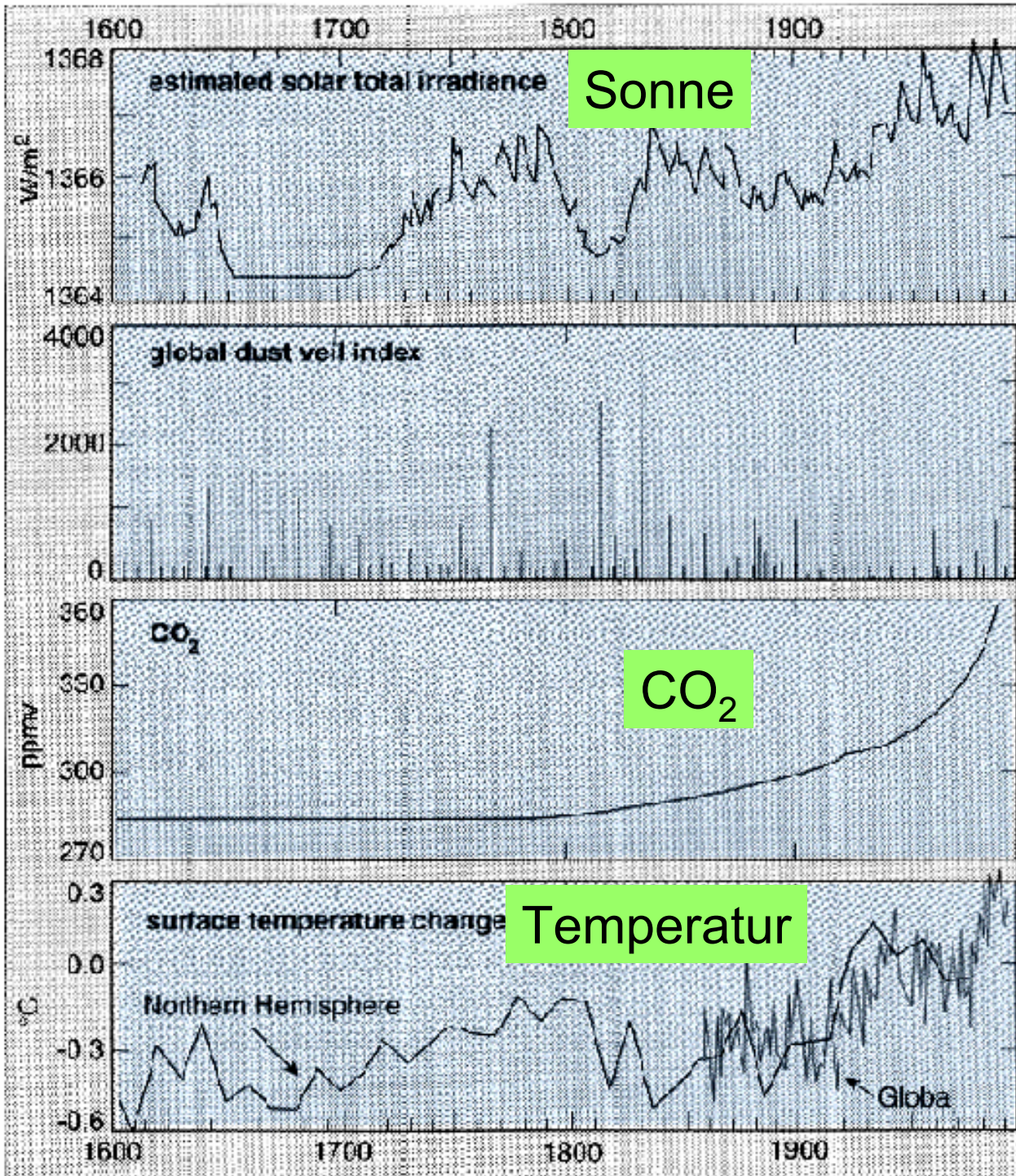
Die Aussagen aller Klima-Modelle basieren auf dieser Kurve!

Die Temperaturentwicklung nach Esper et al. (Science 2002)



bisher: Die rote Kurve
neue Daten : blaue Kurve

Das Modell von Lean et al. (1995)



1600

2000

Schwerpunkt Untersuchungen an Stalagmiten

Th/U-Datierung mit TIMS

Klimaarchive Stalagmiten ^{18}O , ^{13}C , Elemente

Synthetische Stalagmiten

Fluid inclusions



Klimavariabilität, Einfluss der Sonne,
Kosmische Strahlung....

Klimaindikatoren in Stalagmiten

Wachstum

Niederschlag,
 $T > 0^{\circ}\text{C}$

Sauerstoff Isotope

Charakteristik des
Regens

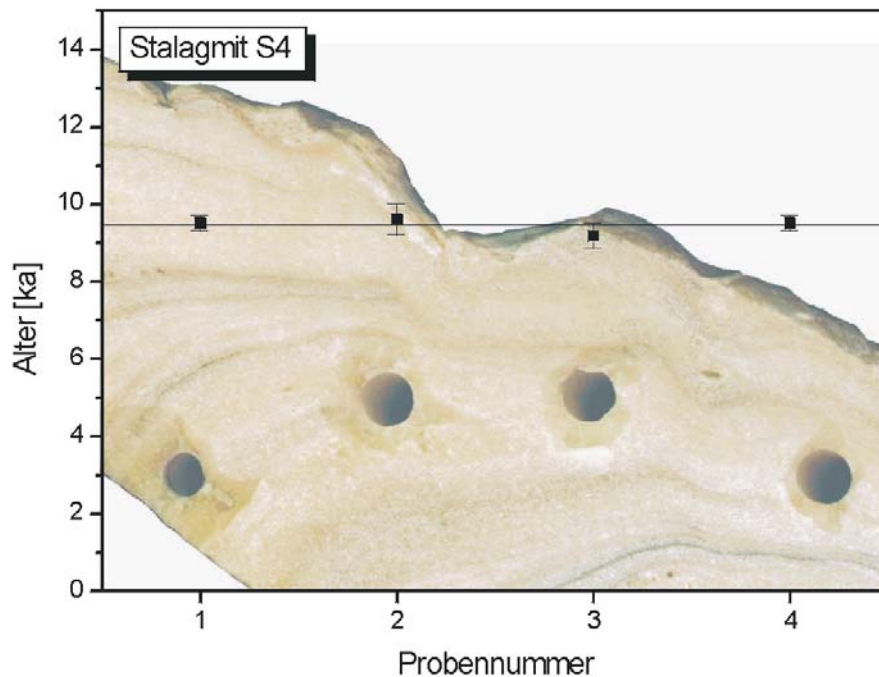
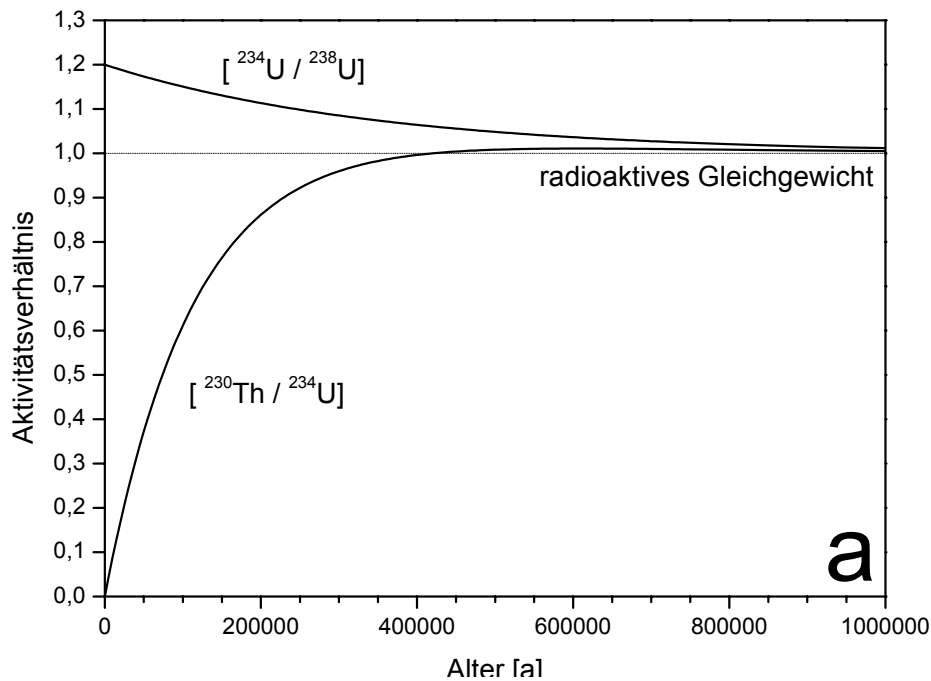
Kin. Fraktionierung

weniger
Niederschlag

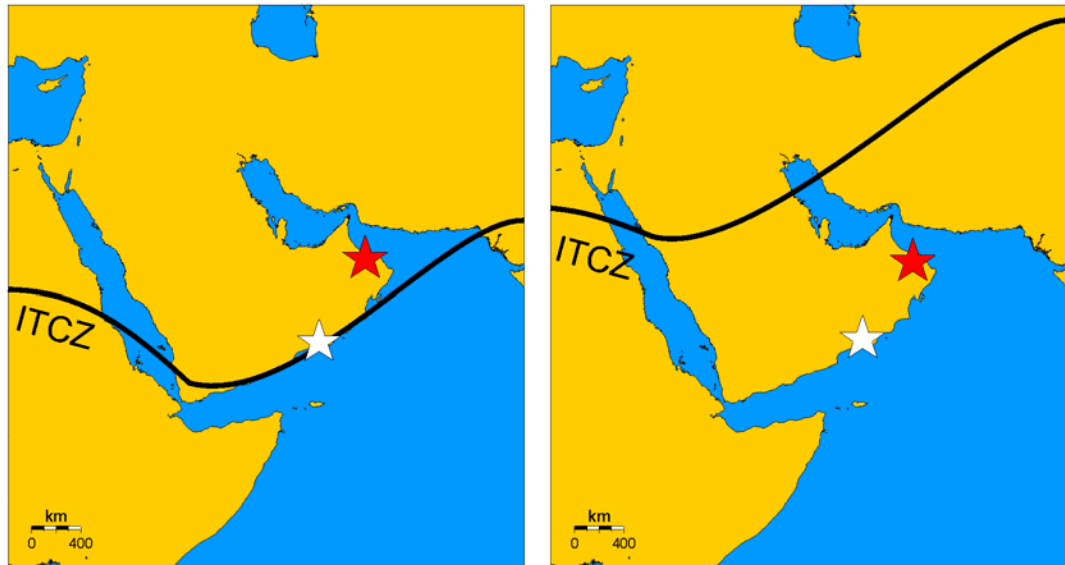
Sauerstoff Isotopie

delta Temperatur

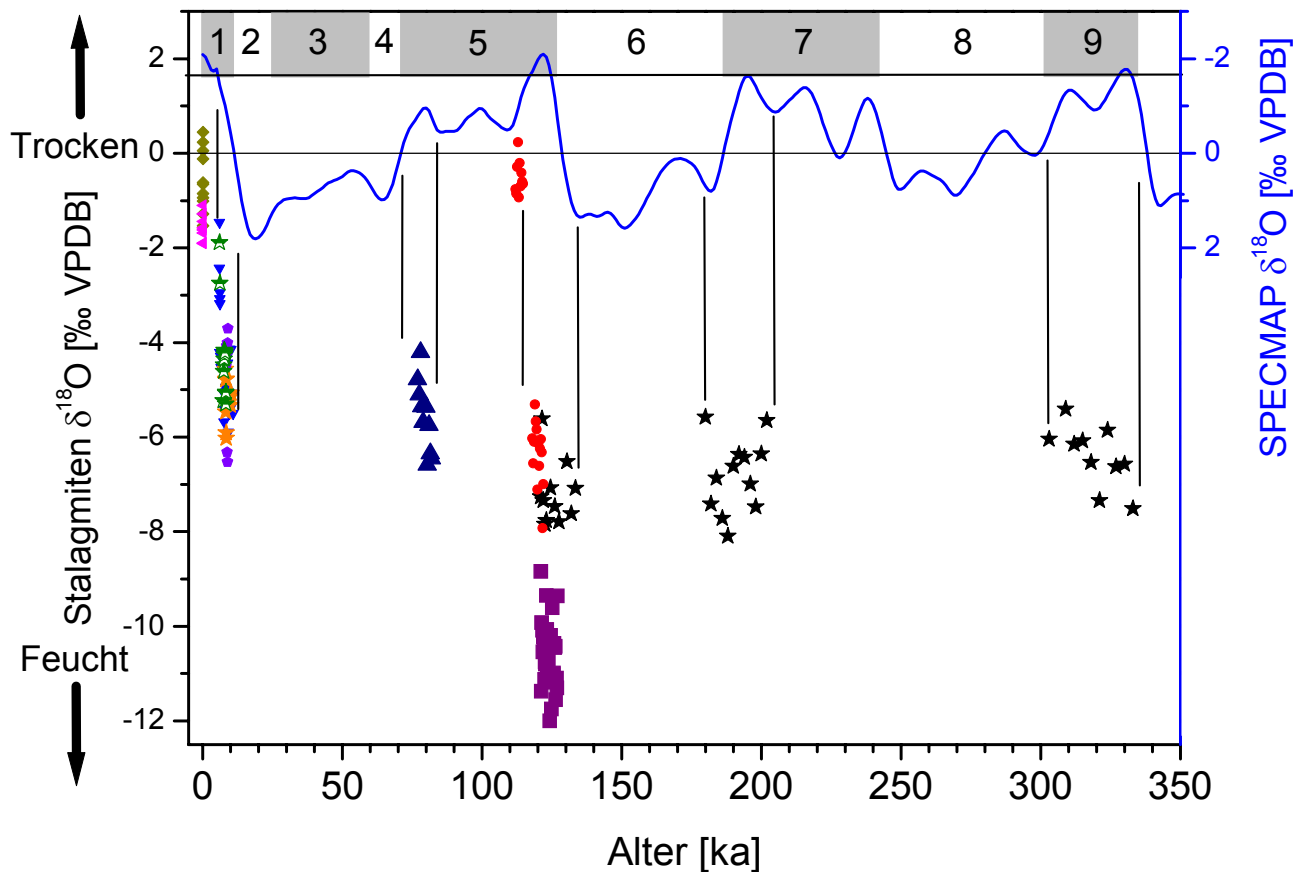
Die Datierung beruht auf dem Einbau von Uran und dem Anwachsen seiner Tochter, ^{230}Th ($T_{1/2} = 75.000$ Jahre)



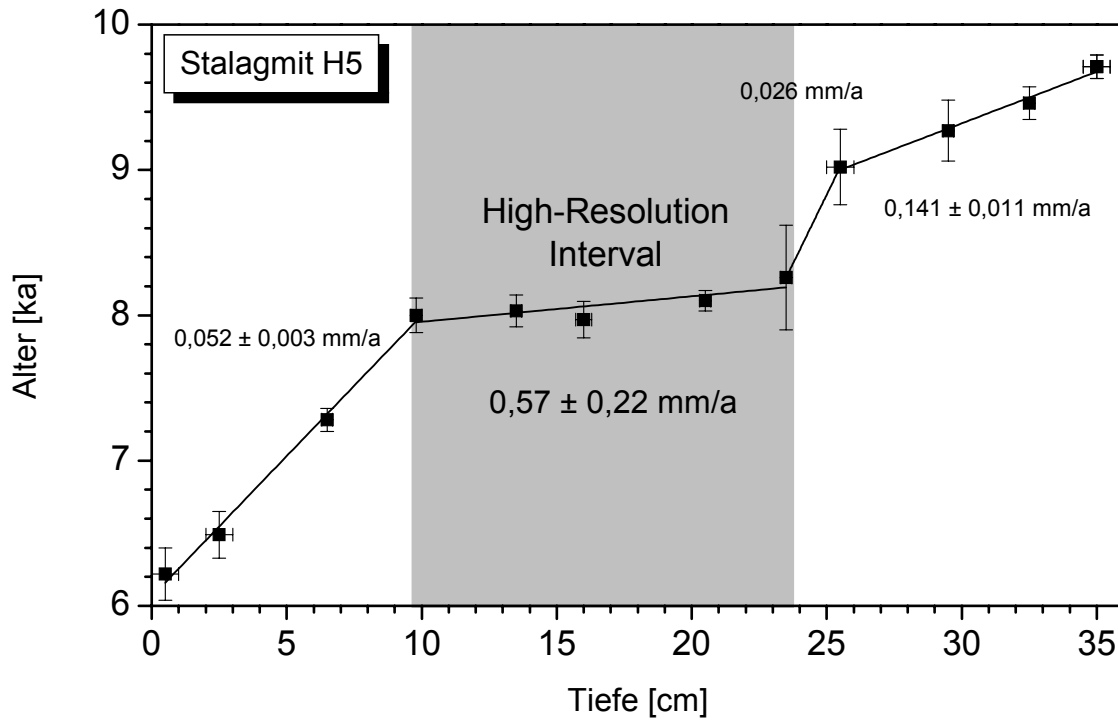
Beispiel: Stalagmiten aus dem OMAN



Zeitskala 100.000 Jahre

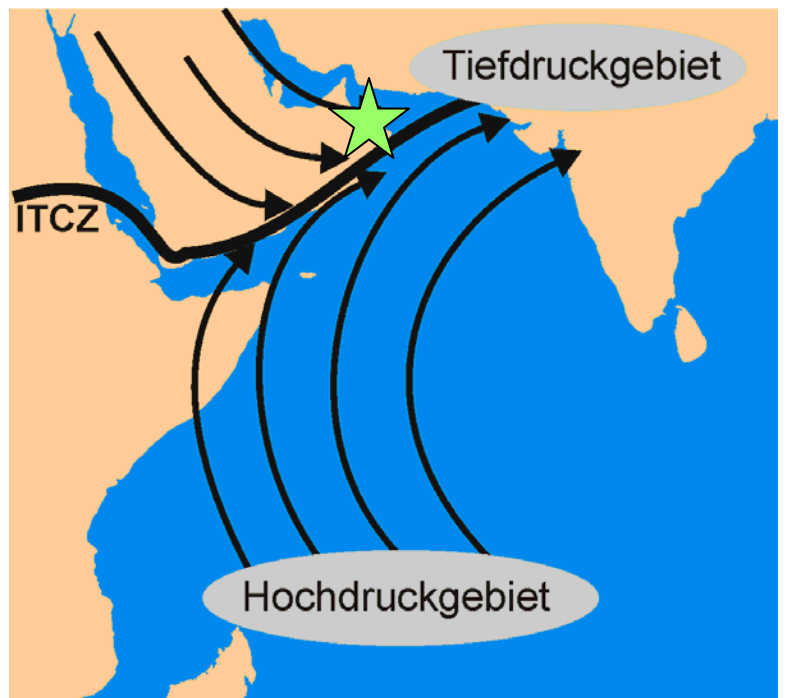


Archive Stalagmiten



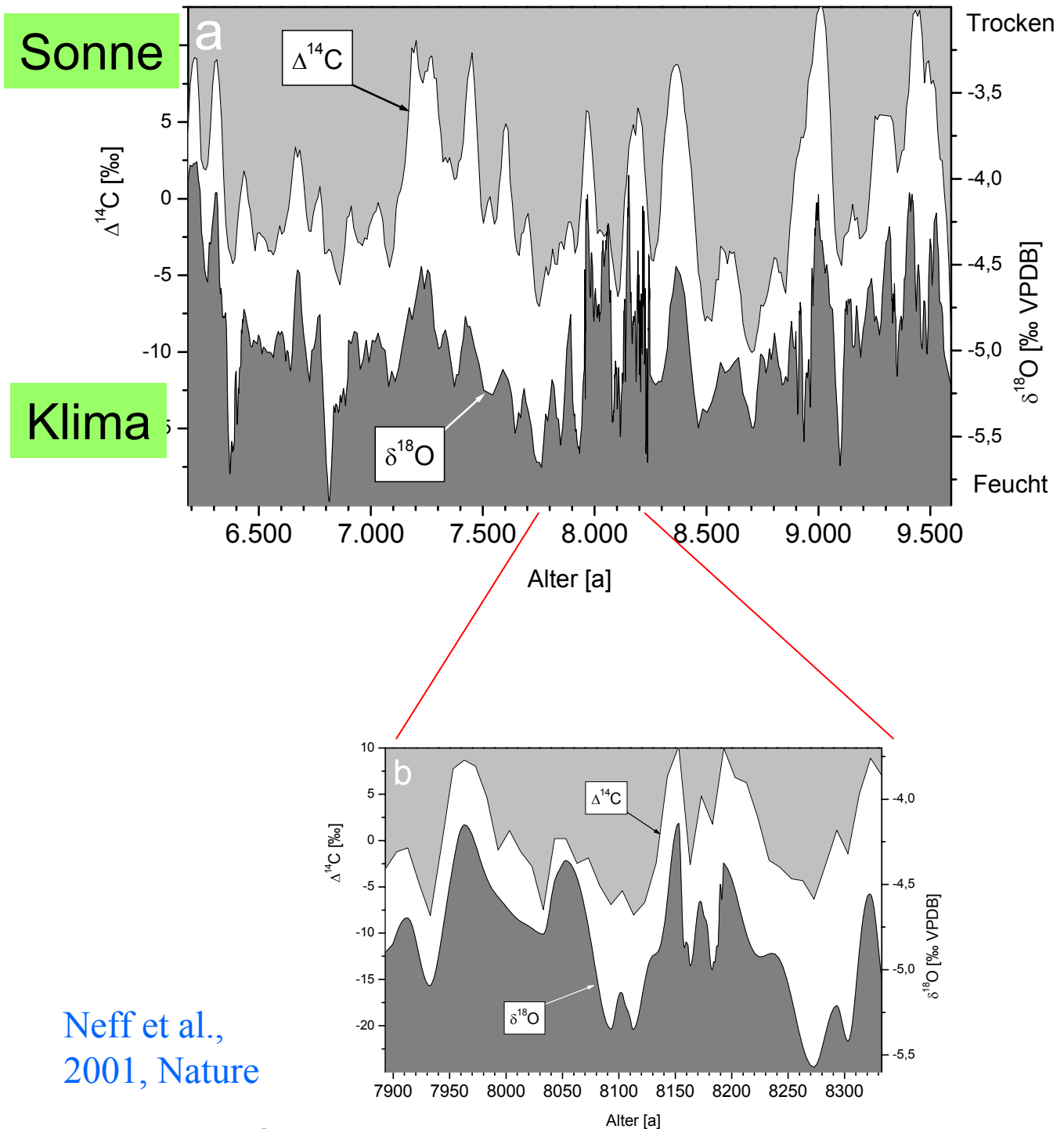
Zeitskala 1000 Jahre

Beispiel: OMAN



Ergebnisse aus dem Oman

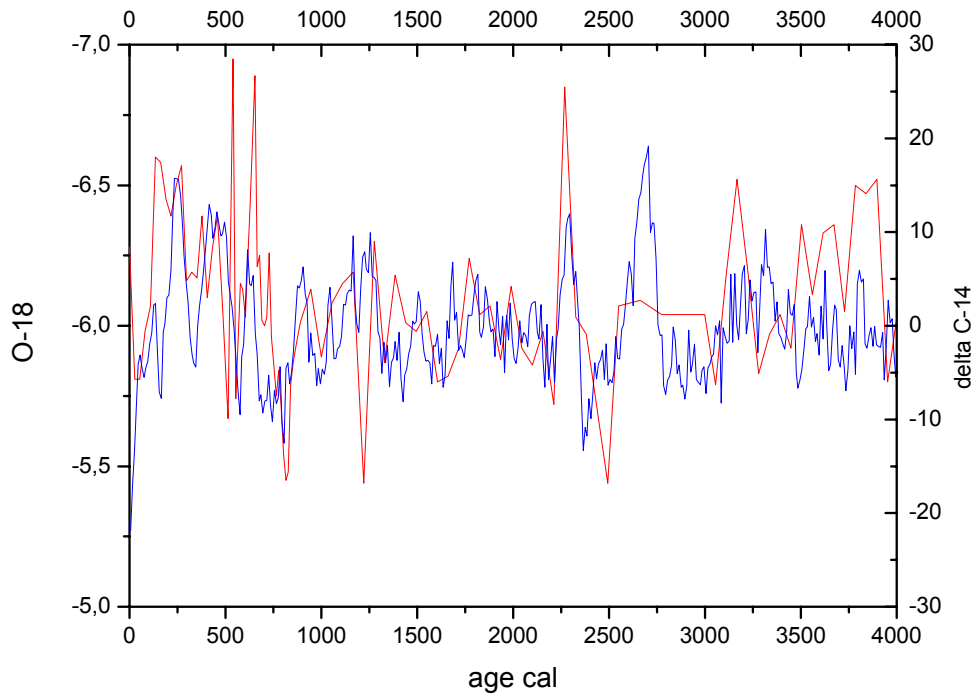
Erstmals eine deutliche Beziehung zwischen Sonne und Klima nachgewiesen



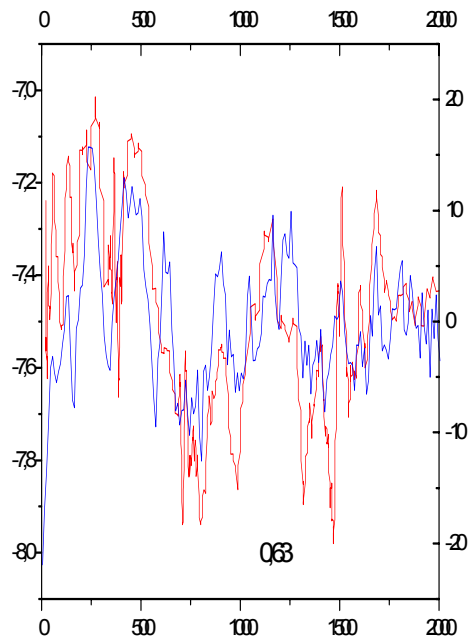
Neff et al.,
2001, Nature

Fleitmann et al., Science 2003

Auch Stalagmiten aus dem Sauerland und aus den Alpen zeigen einen deutlichen „Sonnen-Einfluss“

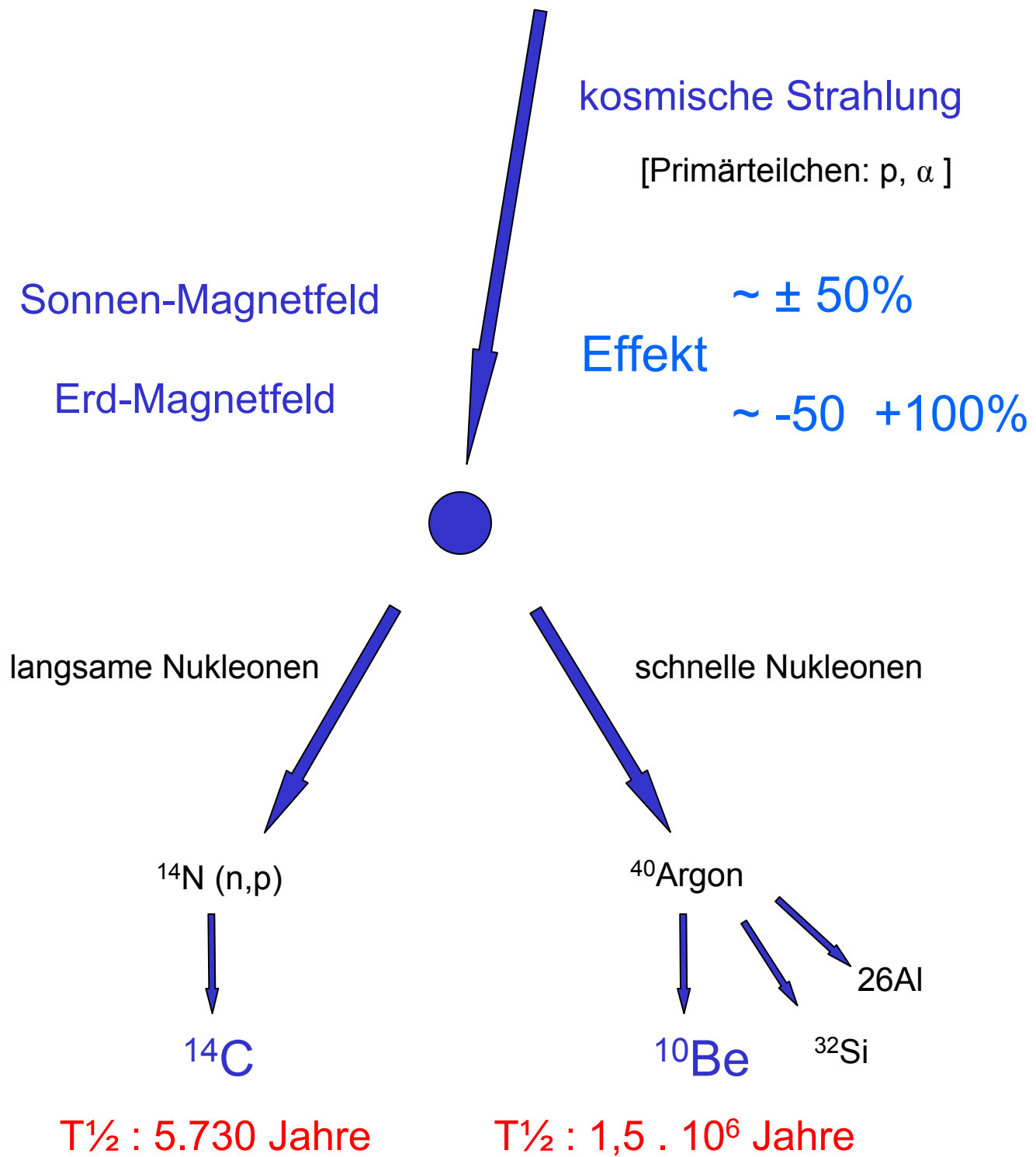


Iserlohn

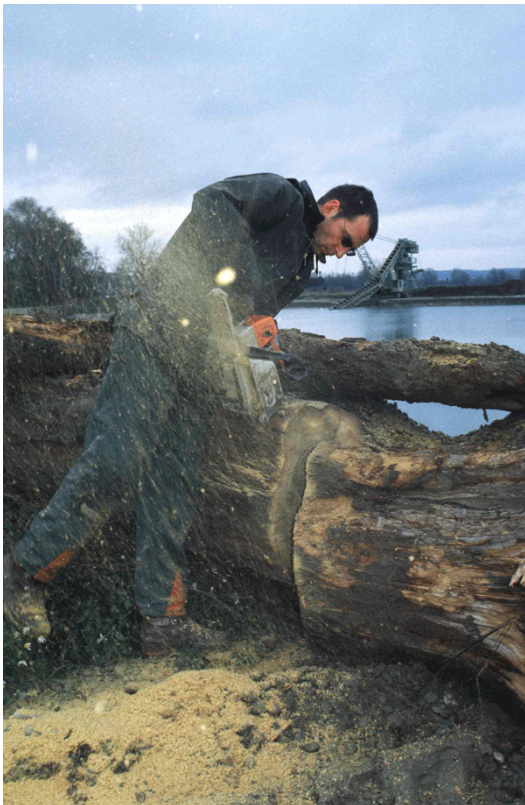
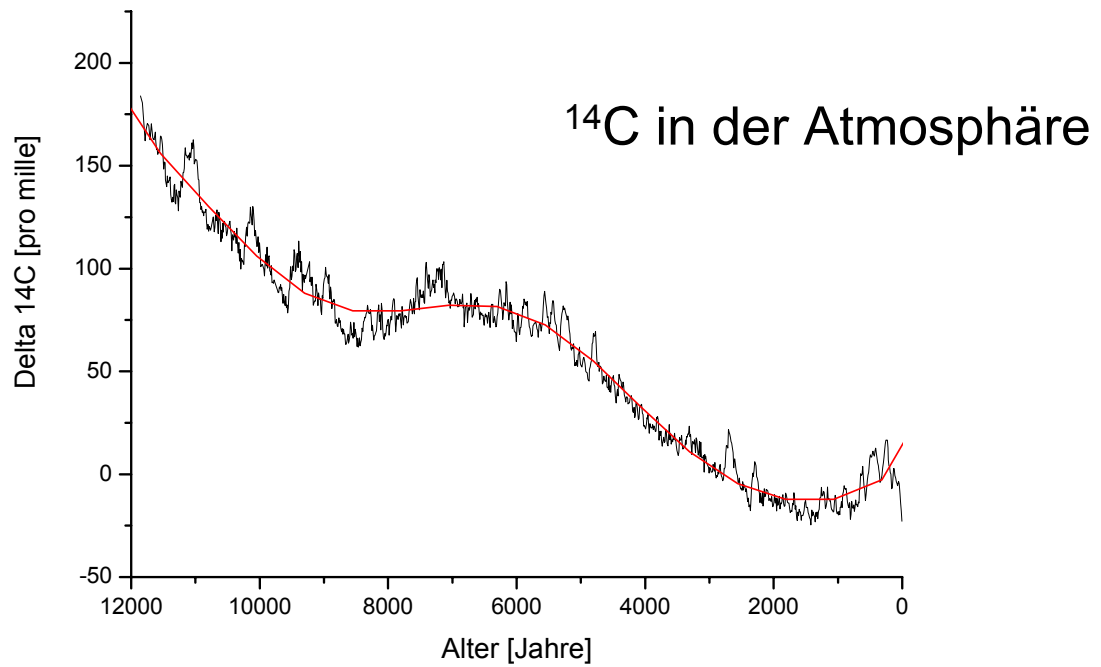


Hintertux

Produktion von ^{14}C und ^{10}Be in der Atmosphäre



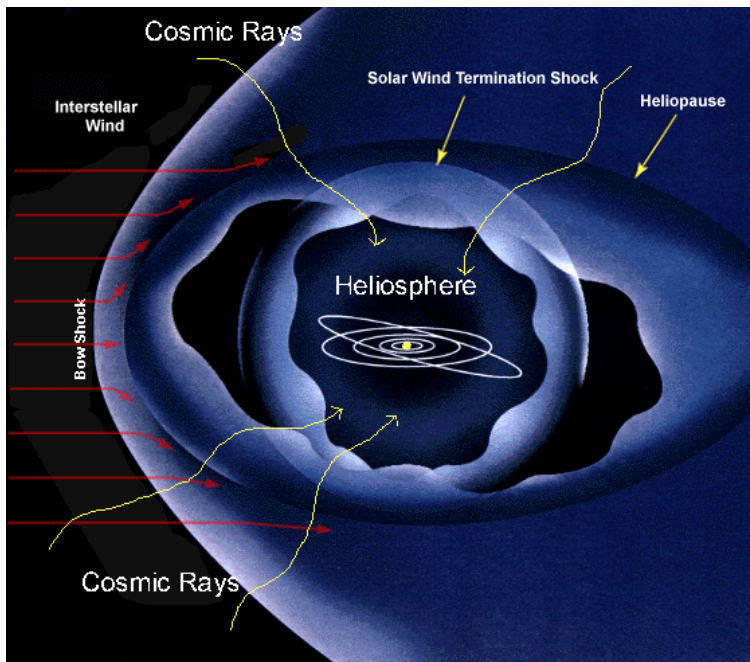
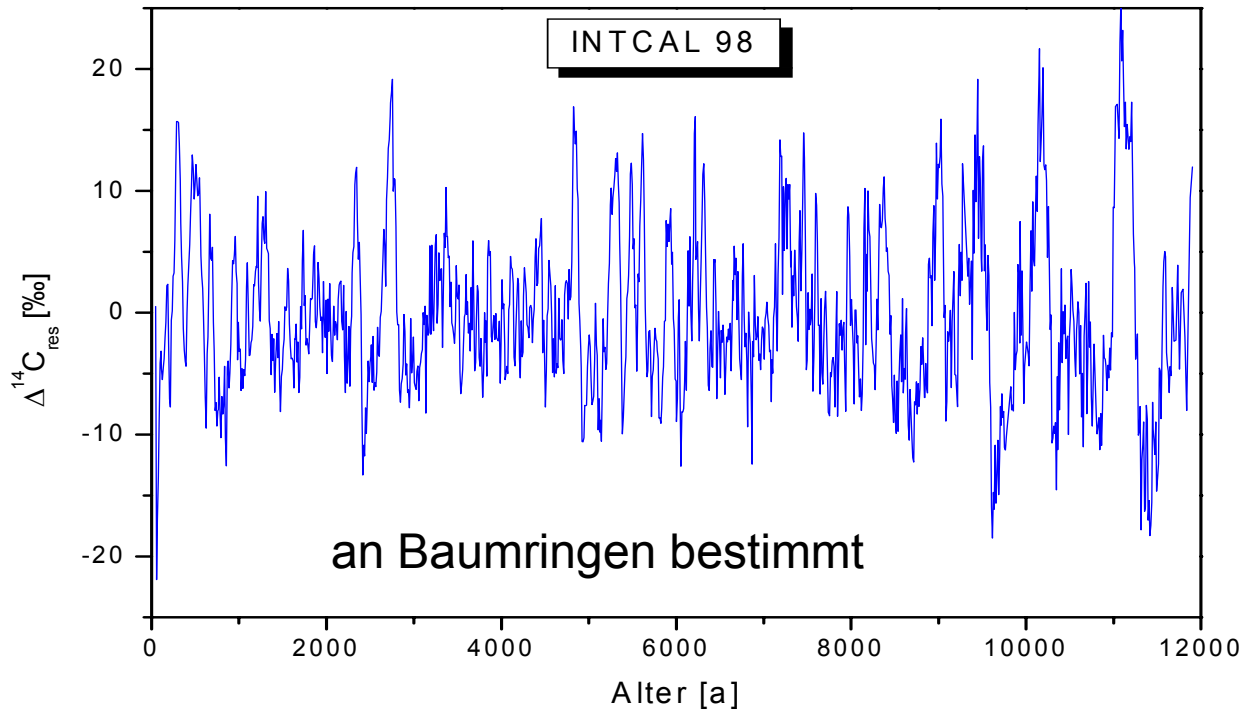
Archive Baumringe



Subfossile Kiefer bei
Tapfheim, Donau.

Ca. 11.500 Jahre v.h.

Nachweis der Sonnenintensität

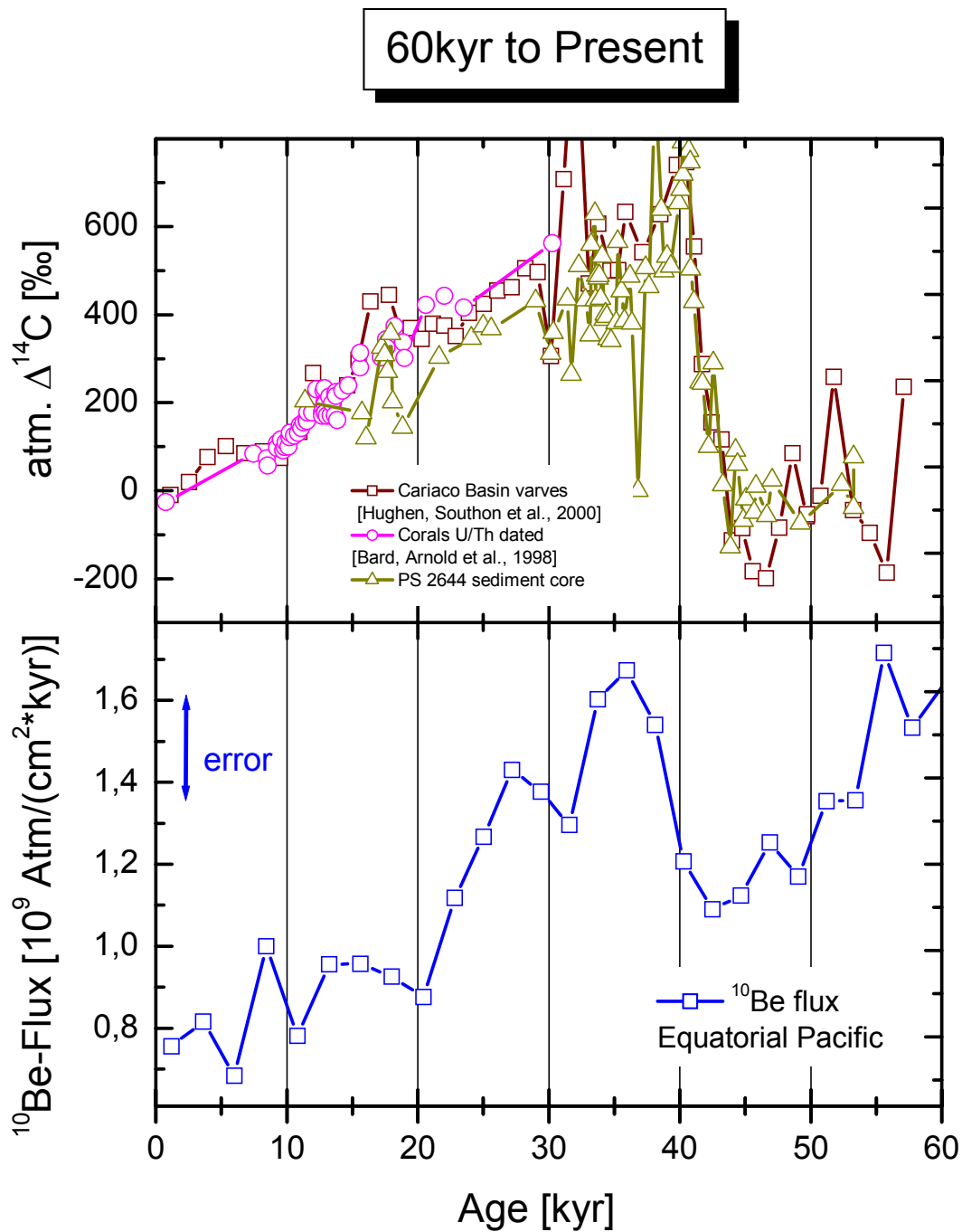


Weniger kosmische
Strahlung
bei starker Sonne

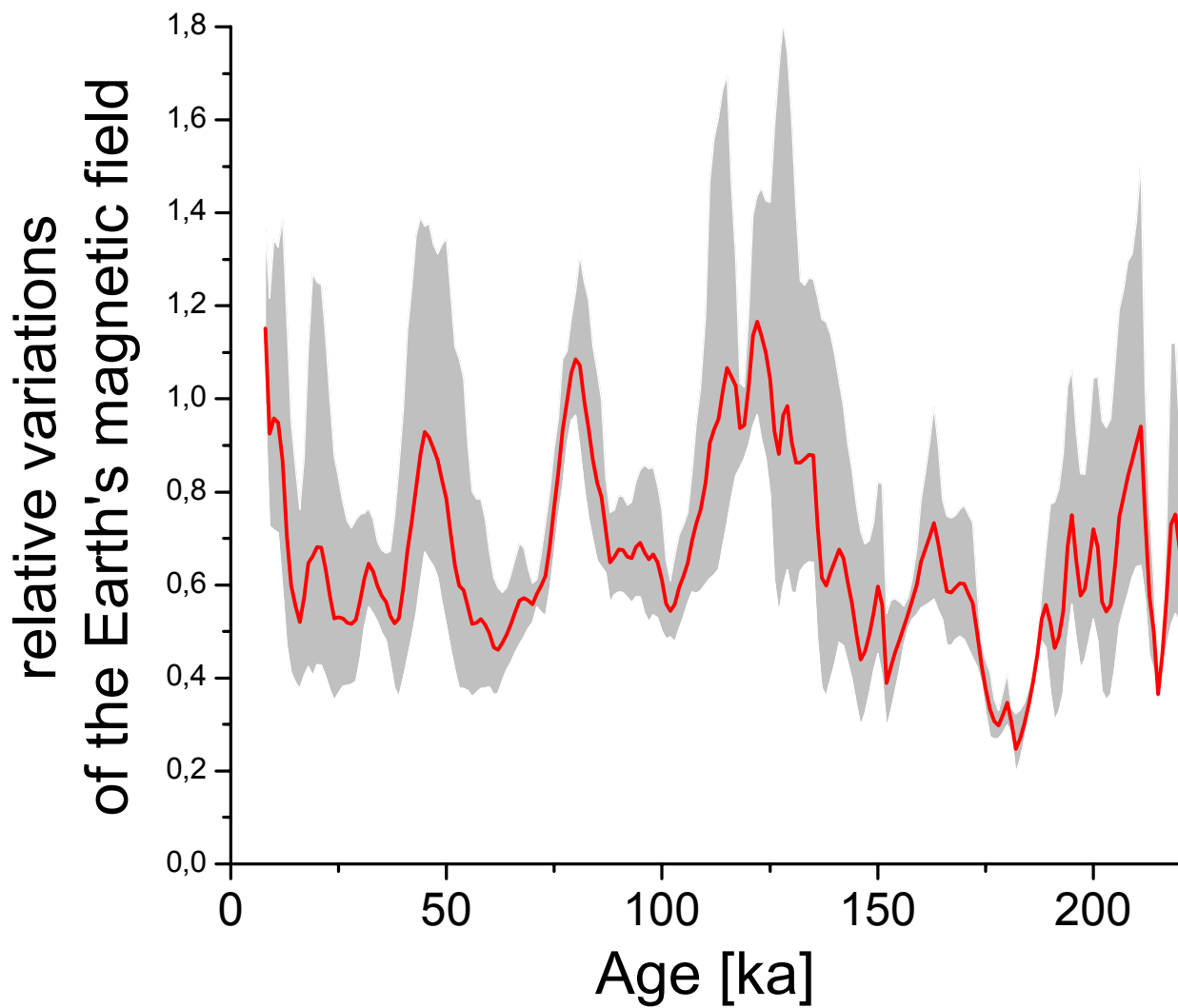
$\Delta^{14}\text{C}$ Archiv für die
Stärke der Sonne in
der Vergangenheit

Variation der Produktion von ^{14}C und ^{10}Be (Erdmagnetfeld, Archiv: Sedimente)

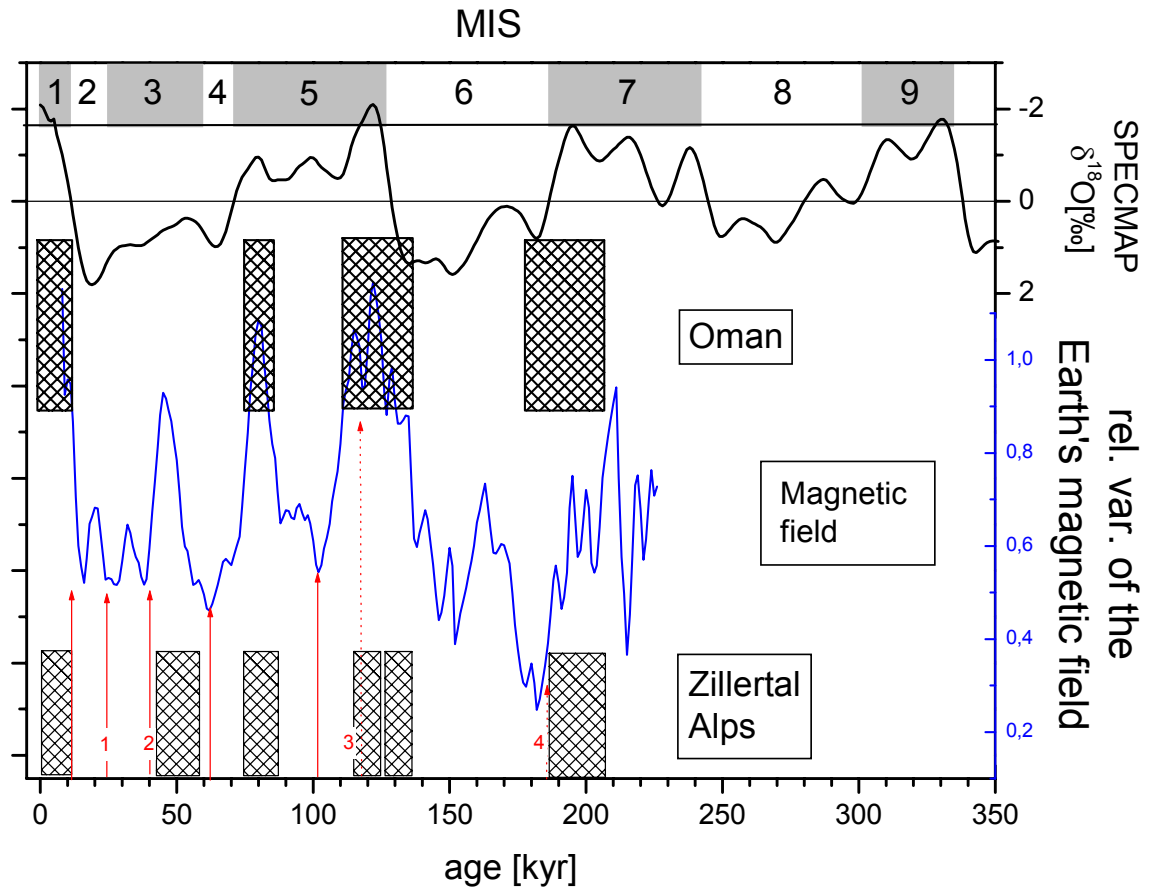
$$N_0 = N(t) \cdot \exp(\lambda \cdot t)$$



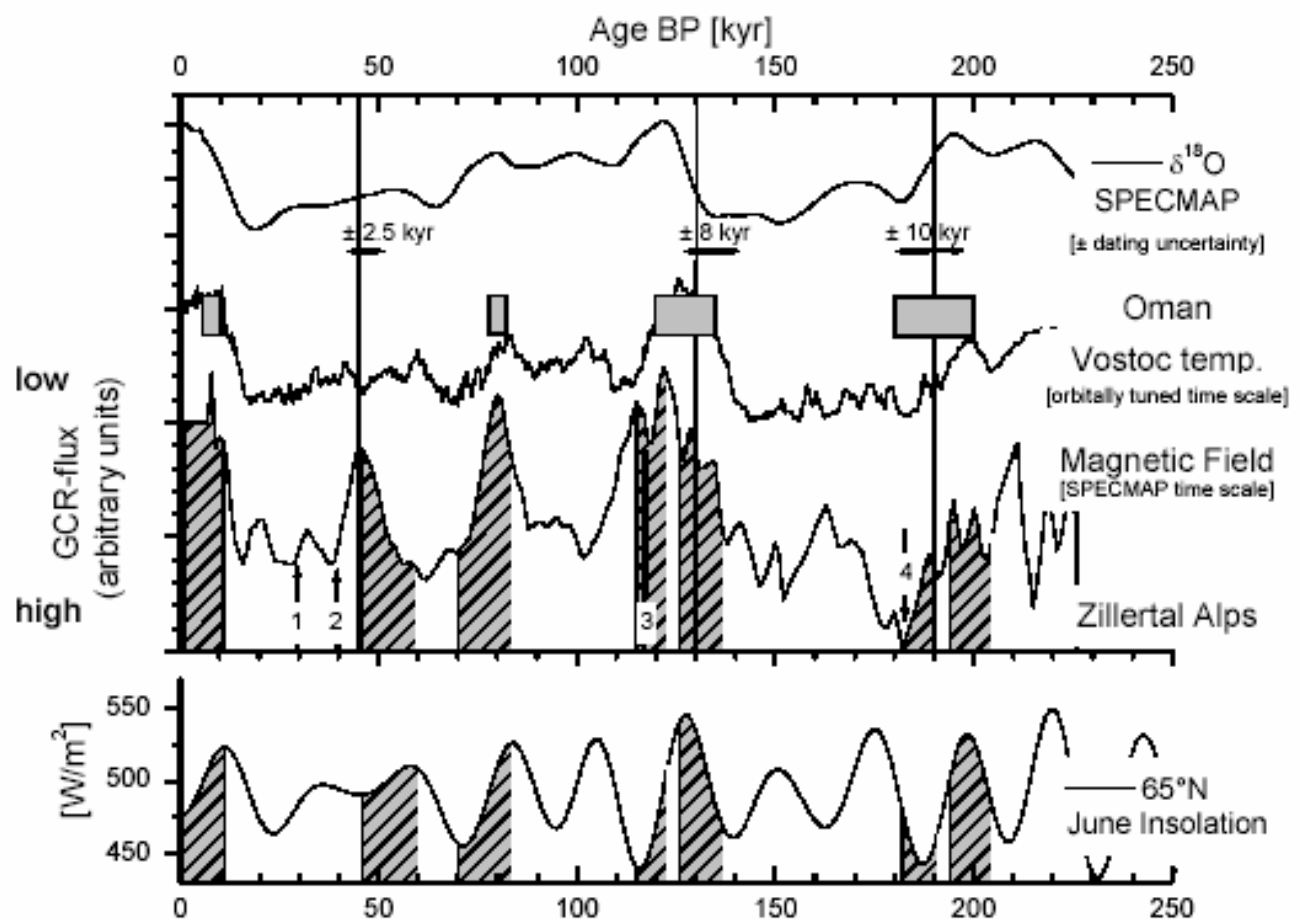
Variation des Erd-Magnetfeldes während der letzten 200.000 Jahre (aus ^{10}Be)



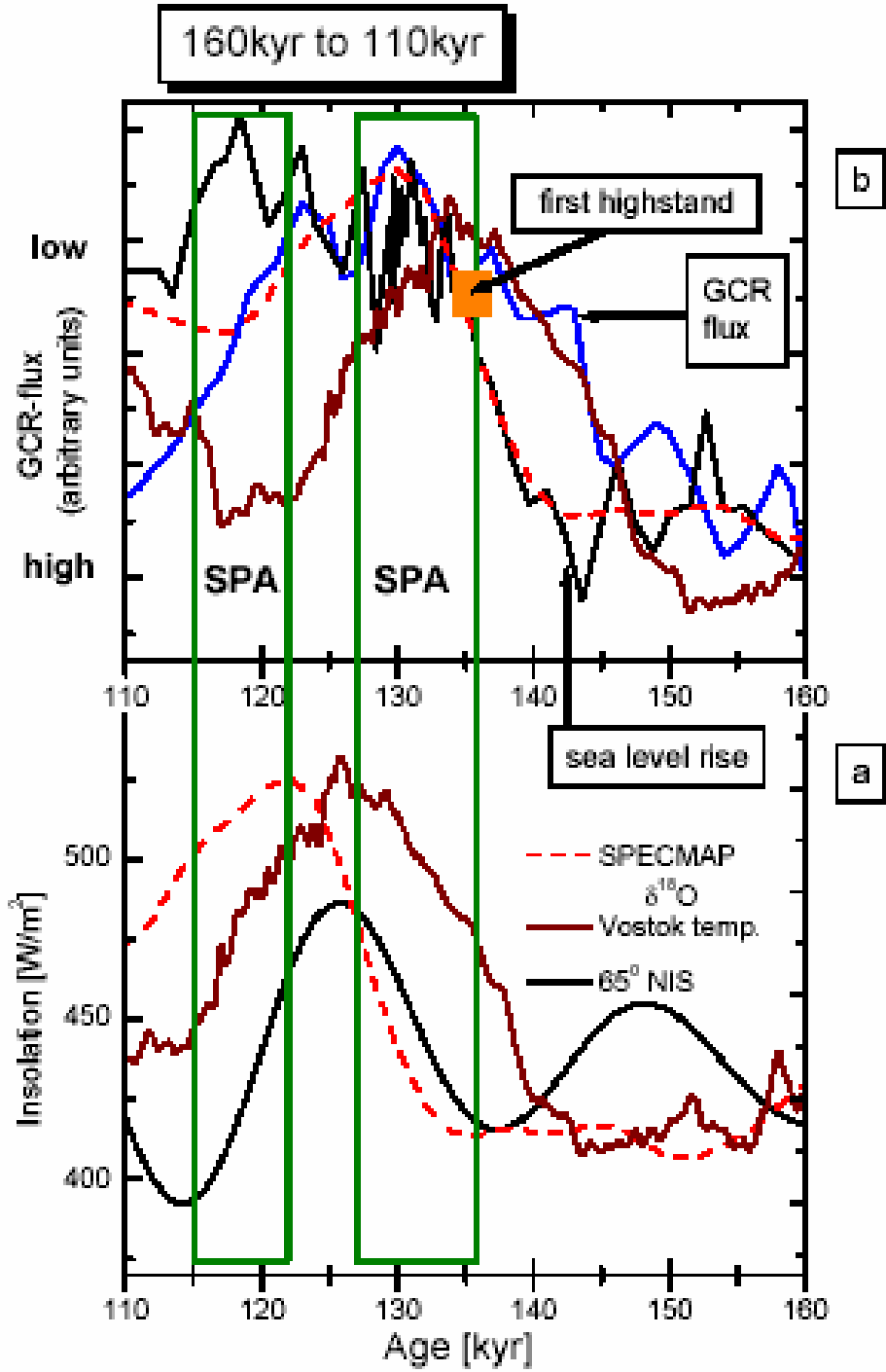
Vergleich der Klima Signale aus den Stalagmiten mit dem Magnetfeld aus ^{10}Be aus marinen Sedimenten



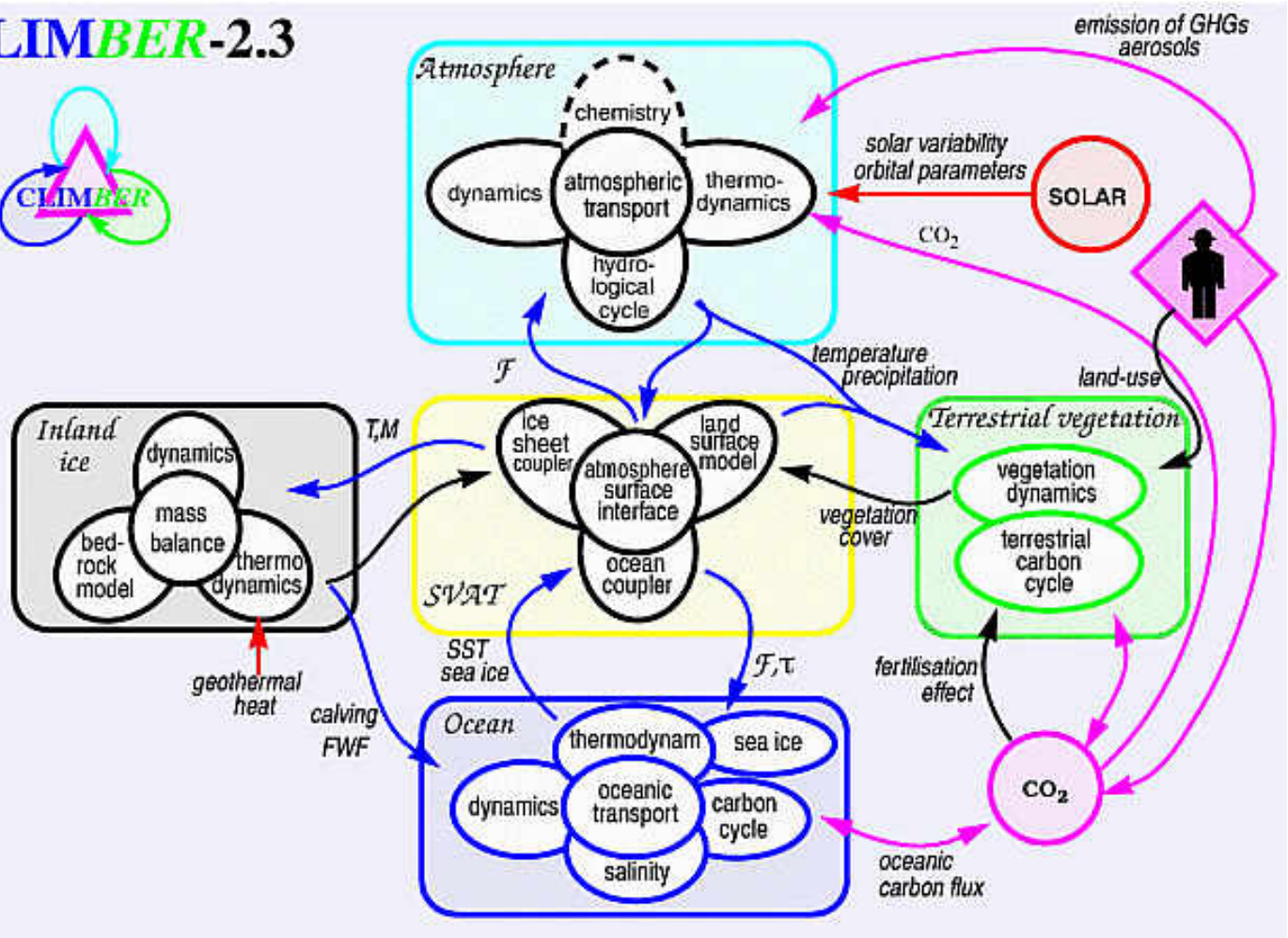
Vergleich der Klima Signale aus den Stalagmiten mit dem Magnetfeld aus ^{10}Be aus marinen Sedimenten



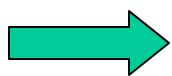
Der letzte Übergang vor 140 kyr



CLIMBER-2.3



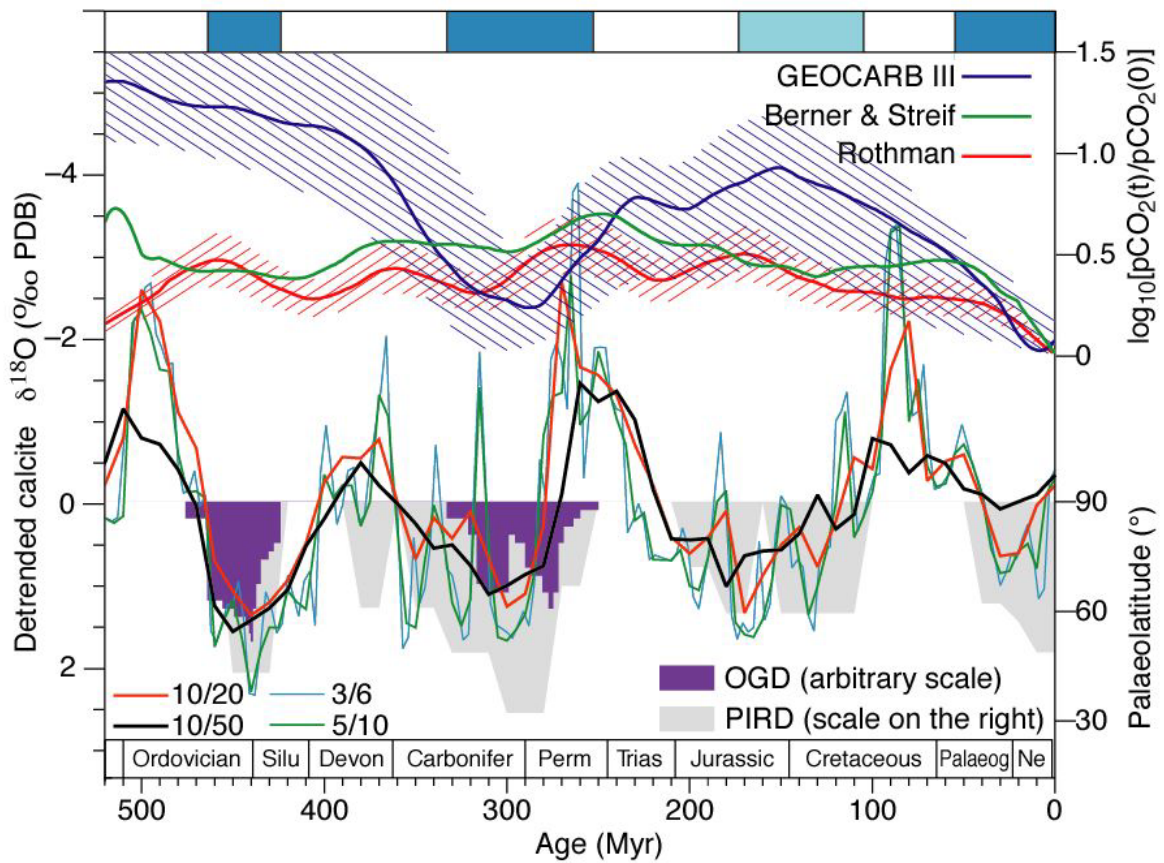
Die Prognosen der KlimaModellen beruhen auf Temperatur-kurven, die aus Klima-Archiven abgeleitet werden.



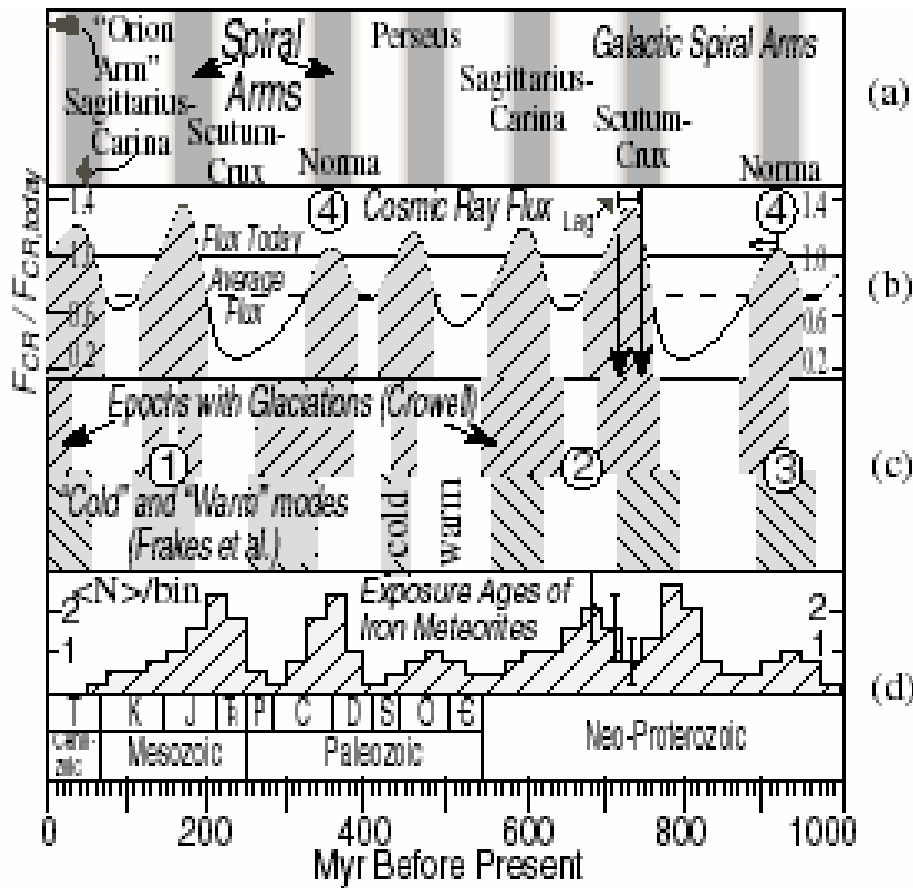
Es besteht ein dringender Bedarf an zuverlässigen und exakt datierten Klima-Archiven.

Auch im Bereich vor 100 Millionen Jahre

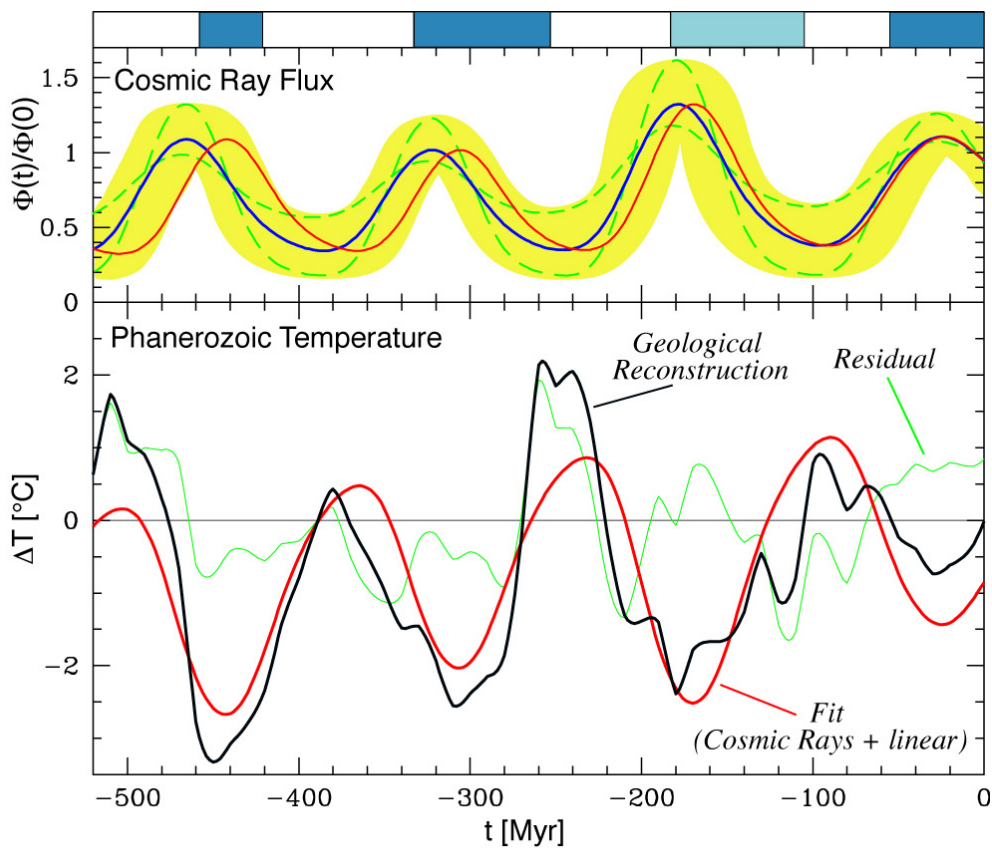
Klimaentwicklung während der letzten 500 myr



Shaviv und Veizer 2003,



Shaviv,
Phys. Res Lett
2002



Shaviv +
Veizer, 2003