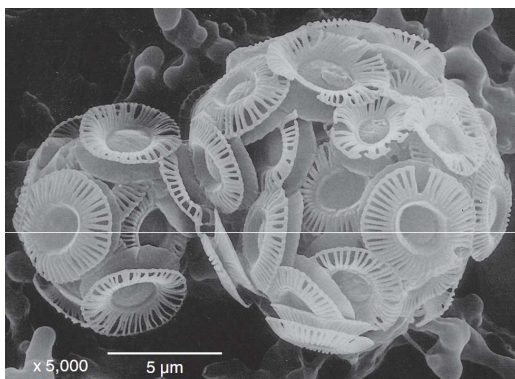


Mit chemischen Fossilien die Wassertemperaturen vergangener Zeiten bestimmen

Mit Hilfe chemischer Fossilien (Biomarker) lassen sich Umweltfaktoren aus der Vergangenheit bestimmen, die nicht direkt überliefert werden. Ein bekanntes Beispiel hierfür sind die Alkenone, mit deren Hilfe Wassertemperaturen vergangener Zeiten bestimmt werden können.

Was sind Alkenone? Alkenone sind langkettige Ketone. Sie bestehen aus einer Kette von vorwiegend 37 oder 38 Kohlenstoffatomen. In der Kette sind mehrere (meist zwei oder drei) Doppelbindungen vorhanden.

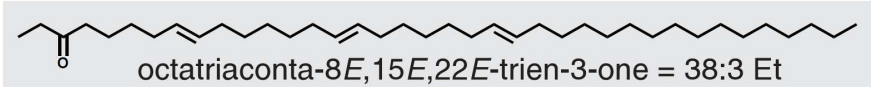
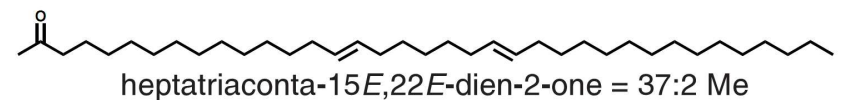
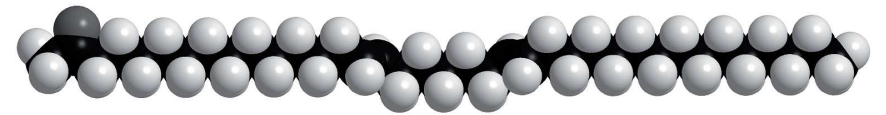
Woher kommen Alkenone? Alkenone werden von bestimmten Mikroalgen, u.a. von der Coccolithophoride *Emiliana huxleyi*, produziert. Diese Algen gibt es schon seit 110 Mio. Jahren. Sie sind in fast allen Meeren verbreitet und gehören heute zu den wichtigsten Meeresorganismen, die aus Kohlendioxid und Wasser Biomasse aufbauen (Photosynthese).



Emiliana huxleyi (Rasterelektronenmikroskop-Fotografie)

Was ist der Alkenon-Index? Bei der Bildung der Alkenone werden von den Algen in Abhängigkeit von der Temperatur verschieden viele Doppelbindungen eingebaut – je kälter, desto mehr. Es wird bestimmt, in welchem Verhältnis C₃₇-Alkenone mit zwei bzw. drei Doppelbindungen vorhanden sind. Der U^K₃₇-Index gibt dieses als Verhältniszahl wieder.

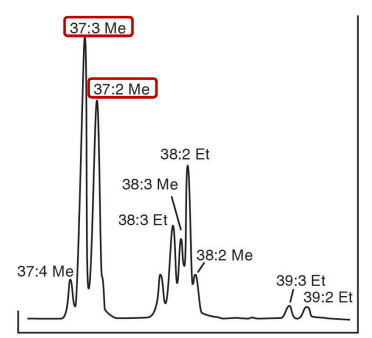
Wie werden Alkenone untersucht? Aus Sediment- oder Gesteinsproben werden die löslichen organischen Bestandteile herausgelöst. Die einzelnen Bestandteile dieser sehr komplexen Mischung aus vielen verschiedenen Molekülararten können durch chemische Trennverfahren genau analysiert werden (Gaschromatographie). Dadurch lassen sich die Menge und das Verhältnis der verschiedenen Alkenone genau bestimmen.



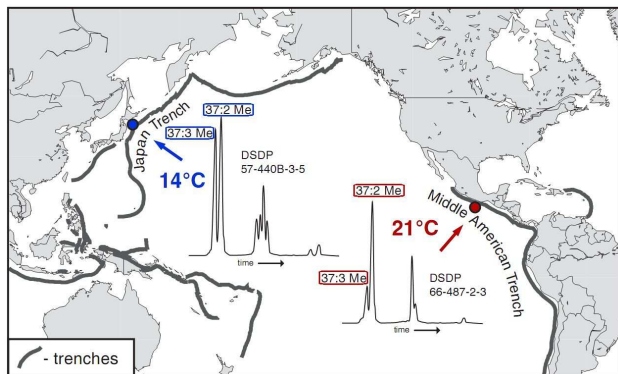
Kugelmodell und chemische Strukturen von Alkenonen

$$U_{37}^{K'} = \frac{[C_{37:2}]}{[C_{37:2} + C_{37:3}]}$$

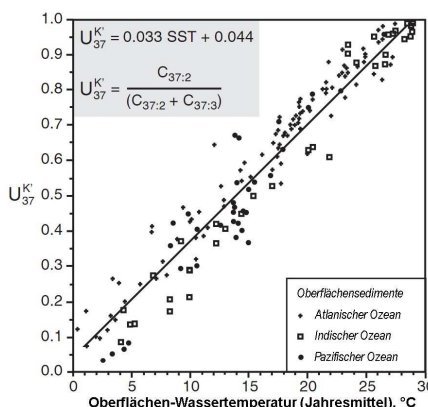
Berechnung des Alkenon-Index



Alkenon-Verteilung einer Algenkultur bei 10°C (Ausschnitt aus einem Gaschromatogramm)



Beispiele für Alkenon-Verteilungen bei verschiedenen Temperaturen (Pazifischen Ozean)



Zusammenhang Temperatur und Alkenon-Index

Woher kennt man die Beziehung zur Temperatur? Um Beziehung zwischen Alkenon-Index und der Wassertemperatur zu bestimmen wurden Algenkulturen (bei verschiedenen Wassertemperaturen), Oberflächensedimente oder die Schwebfracht im Wasser untersucht. Der dazugehörige Alkenon-Index wurde aus geochemischen Analysen berechnet, parallel dazu wurden die Temperaturen gemessen.

Woher stammen die Informationen aus vergangenen Zeiten? Bei der Bildung von Sedimenten schichten sich jüngere Ablagerungen über ältere. Diese regelmäßigen Schichtfolgen lassen sich z.B. durch Bohrschiffe erschließen. Die Bohrkern aus dem Meeresboden sind für Geowissenschaftler und Geochemiker die Archive der Erdgeschichte.



Bohrschiff 'Joides Resolution'

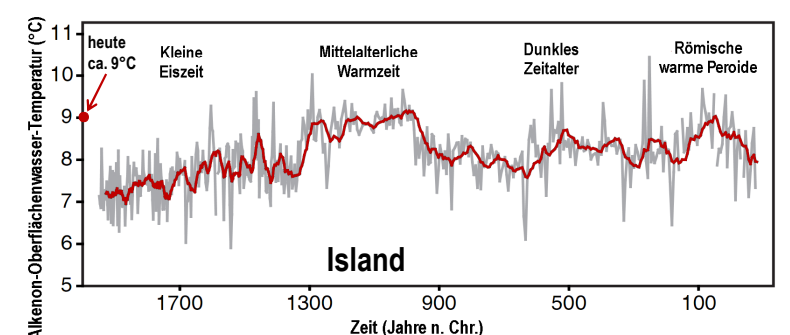
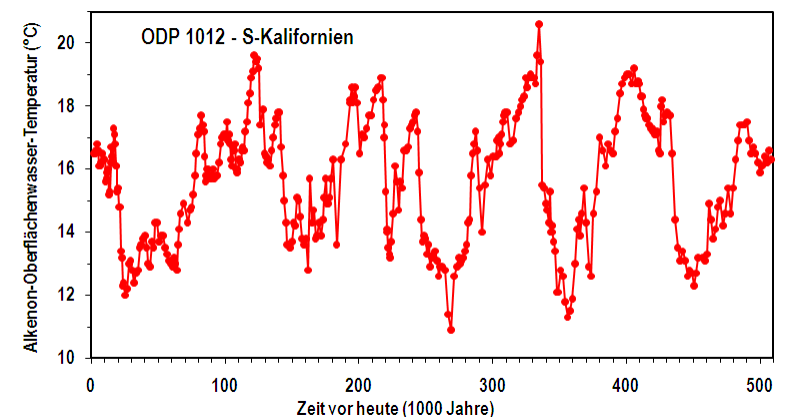


Sedimentkern

Bohrkerne mit Sedimenten und Sedimentgesteinen sind die Archive der Erdgeschichte

Was kommt dabei heraus? Die Diagramme zeigen Beispiele aus dem Pazifischen Ozean vor Kalifornien für die letzten 500.000 Jahre (rechts oben) und aus dem Atlantischen Ozean bei Island für die letzten 2000 Jahre (rechts unten). Die Klimaschwankungen zwischen Kaltzeiten und Warmzeiten sind deutlich an der Änderung der Oberflächenwassertemperatur (ermittelt aus dem Alkenon-Index) abzulesen.

Wozu das Ganze? Die Vergangenheit kann der Schlüssel zur Zukunft sein, z.B. für das Verständnis des heutigen Klimas und bei dessen Vorhersage für die Zukunft. Dazu muss man das Klima und die wichtigsten Zusammenhänge zwischen bestimmten Parametern (CO₂-Gehalt, Temperatur usw.) in der Vergangenheit möglichst genau kennen. Diese Daten können in mathematische Modelle eingebracht werden, die zur Vorhersage des zukünftigen Klimas dienen.



Rekonstruktionen der Oberflächenwassertemperaturen über erdgeschichtliche und historische Zeiträume