



Institut für Chemie
 und Biologie
 des Meeres

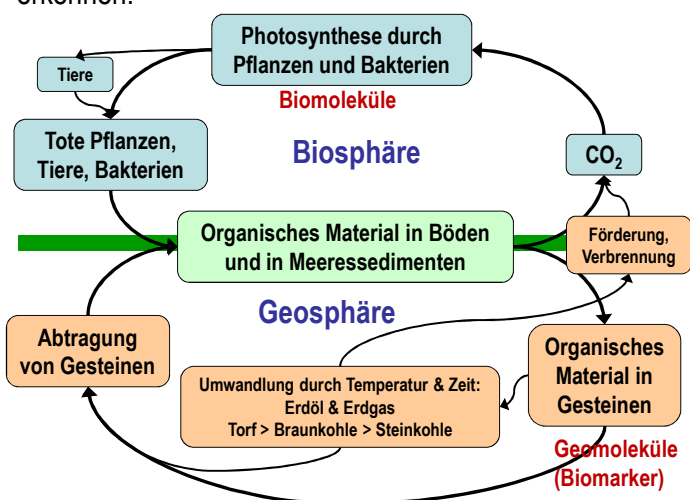
Chemischen Fossilien geben Auskunft über Lebens- und Umweltbedingungen vergangener Zeiten

Mit Hilfe chemischer Fossilien (Biomarker) lassen sich Rückschlüsse auf das Leben in der erdgeschichtlichen Vergangenheit ziehen. Daraus lassen sich Aussagen über biologische und geologische Prozesse und Umweltbedingungen ableiten.

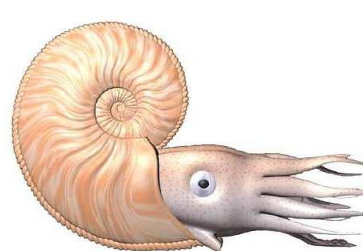
Was sind Fossilien? Fossilien sind Überreste (meist Hartteile) ehemaliger Lebewesen, die – eingebettet in Gesteine – im Lauf der Zeit zahlreiche Veränderungen erfahren haben. Dennoch lässt sich an Fossilien erkennen, um welche Art Lebewesen es sich gehandelt hat. Daraus können Rückschlüsse z.B. auf die vorzeitlichen Lebens- und Umweltbedingungen gezogen werden.

Was sind chemische Fossilien? Ähnlich wie Fossilien verwenden Geochemiker bestimmte Moleküle, sogenannte chemische Fossilien oder Biomarker. Charakteristische molekulare Bestandteile von Lebewesen („**Biomoleküle**“) können über lange erdgeschichtliche Zeiträume erhalten bleiben. Dabei werden sie zwar verändert, ihr charakteristisches Kohlenstoffskelett bleibt jedoch im Wesentlichen erhalten („**Geomoleküle**“).

Wie entstehen chemische Fossilien? Die Vorläufermoleküle der Biomarker werden von den lebenden Organismen gebildet. Nach dem Absterben der Organismen werden die organischen Substanzen zum größten Teil abgebaut. Meist gelangt nur ein sehr geringer Teil von der **Biosphäre** über den Boden oder Meeresboden in die Gesteine (**Geosphäre**). Unter dem Einfluss von Temperatur, Zeit und Druck wird das organische Material verändert. Auch Biomarker-Moleküle unterliegen diesen Veränderungen, ihre Herkunft bleibt aber zu erkennen.



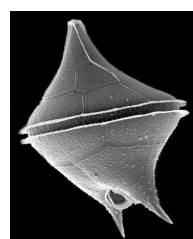
Biologische und geologische Kreisläufe des organischen Materials. Nur ein geringer Teil des organischen Materials (0,1 bis 2 %) gelangt vom biologischen Kreislauf in die Geosphäre.



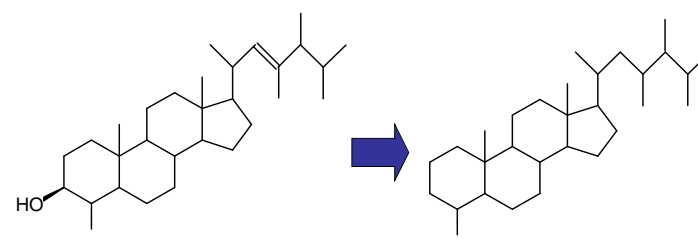
Rekonstruktion eines Ammoniten



Überlieferung als ca. 200 Millionen Jahre altes Fossil



Das Biomolekül Dinosterol ist ein charakteristischer Bestandteil von bestimmten grünen Mikroalgen (Dinoflagellaten; Rasterelektronenmikroskop-Foto, Breite ca. 60 µm).



Als Geomolekül bleibt das Kohlenstoffskelett erhalten: Dinosteran, ein Biomarker für Dinoflagellaten.

Wo kommen chemische Fossilien vor? Chemische Fossilien kommen in allen Ablagerungen und Gesteinen vor, die etwas organisches Material enthalten. Selbst Erdölen enthalten Biomarker. Untersuchungen von Sedimentabfolgen, z.B. aus Bohrkernen, geben zudem Aufschluss über zeitliche Entwicklungen.

Bohrkerne aus dem Watt. Dunkle Schlicklagen enthalten bis zu 2 % organisches Material, helle Sande dagegen nur weniger als 0,5 %.



Mikroorganismen werden nur selten fossil überliefert (links: lebende Matte aus Cyanobakterien und anderen Bakterien; mitte: Kalkstein aus Cyanobakterien-Matten, ca. 150 Mio. Jahre alt). Kulturen von Mikroorganismen dienen zum Vergleich der Biomoleküle lebender Formen mit den Biomarkern in Sedimenten und Gesteinen (rechts).

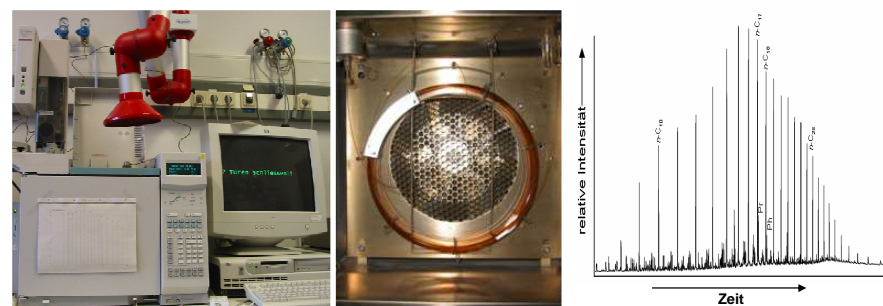


Erdöle können je nach Entstehungsbedingungen sehr verschiedene Zusammensetzungen und Eigenschaften aufweisen.



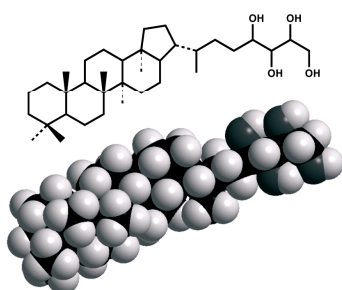
Extraktion und Säulenchromatographie

Wie werden Biomarker untersucht? Ein Teil des organischen Materials wird aus Organismen, Sedimenten oder Gesteinen mit Lösemittel herausgelöst und anschließend mit chemischen Trennmethode in verschiedenen Gruppen von Molekülen vorsortiert (links). Durch Gaschromatographie (rechts) ist es danach möglich, diese immer noch sehr komplexen Molekülgemische bis hin zu einzelnen Substanzen aufzutrennen und mit Hilfe eines Massenspektrometers zu identifizieren.

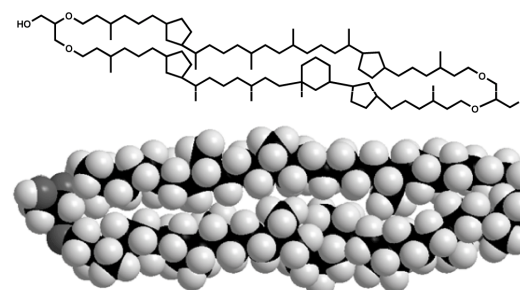


Ein Gaschromatograph ist ein Ofen mit einer 30 m langen Kapillarsäule (Innendurchmesser 0,25 mm) in der sich eine sehr dünne Trennschicht (0,15 µm) befindet. Die komplexen Molekülgemische werden aufgetrennt und die Substanzen liefern Signale, die als Gaschromatogramm aufgezeichnet werden.

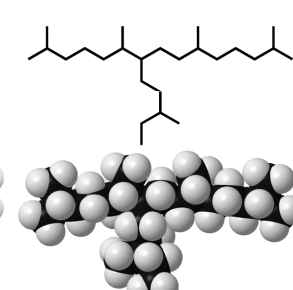
Was erzählen uns Biomarker? Chemische Fossilien gibt es von vielen Organismen aus allen drei Domänen im Stammbaum des Lebens: **Bakterien**, **Archaeen** und **Eukaryonten** (alle Pflanzen, Tiere und Pilze). Auch Mikroorganismen, die nur selten als Fossil überliefert werden, hinterlassen molekulare Spuren. Biomarker geben Auskunft über die Quellen von organischen Material und Stoffwechselprozesse. Dadurch lassen sich Rückschlüsse auf ehemalige Umweltbedingungen ziehen. Auch die Umwandlung von organischem Material und die Entstehung von Erdöl kann mit Biomarkern untersucht werden. Aus Pflanzenmaterial wird zunächst Torf, dann Braunkohle und später Steinkohle. Auch Erdöl wird auf diese Weise aus pflanzlichen Überresten (besonders von marine Mikroalgen) gebildet.



Bacteriohopantetrol ist ein Biomarker, der in vielen Bakterien vorkommt und als Kohlenwasserstoff lange erhalten bleiben kann.



Crenarchaeol ist ein Zellwand-Bestandteil, der für bestimmte Archaeen charakteristisch ist.



Verzweigte Isoprenoide werden von einigen Diatomeen (Mikroalgen, Eukaryonten) gebildet und enthalten ursprünglich mehrere Doppelbindungen.