



geo-life.ch

Erlebnisgeologie

Einführung in die Geologie

Mineralien und Gesteine
kennen lernen

Dr. Mark Feldmann



Hauptstrasse 46 | 8867 Niederurnen | info@geo-life.ch | 078 660 01 96

Gesteine bestimmen

Datum: Samstag, 12. Dezember 2015
Zeit: 9.30 – 16.30 h
Ort: Kirchgemeindezentrum Balgrist
Lenggstrasse 75
8008 Zürich
(Tram 11 / wenige Parkplätze)
Kosten: CHF 120.- / Person

Auch eigene Steine mitnehmen und bestimmen!

Inhalt

- Aufbau der Erde
- Kristall, Mineral, Gestein
- Magmatische Gesteine
- **Sedimente**
- Metamorphe Gesteine
- Prozesse

Sedimentgesteine

- 1) Klastische Sedimente
- 2) Organisch-/chemische Sedimente

Organo-chemische Sedimente

Organisch-/chemische oder organo-chemische Sedimente sind Sedimente, die durch chemische Prozesse oder unter dem Einfluss biologischer Komponenten ausgefällt wurden.

Die meisten organo-chemischen Sedimente entstehen in den Ozeanen, welche über 70% der Erdoberfläche bedecken.

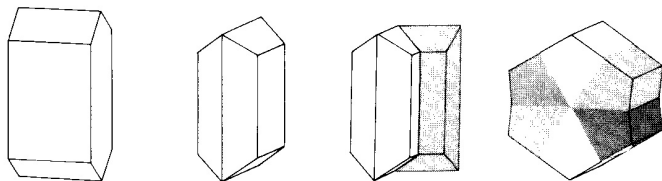
Glärnisch mit Vrenelisgärtli



Kalk CaCO_3 - Aragonit oder Calcit



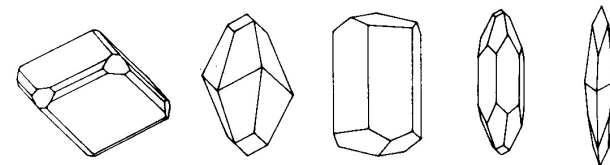
Aragonit



Orthorhombisches Kristallsystem



Calcit

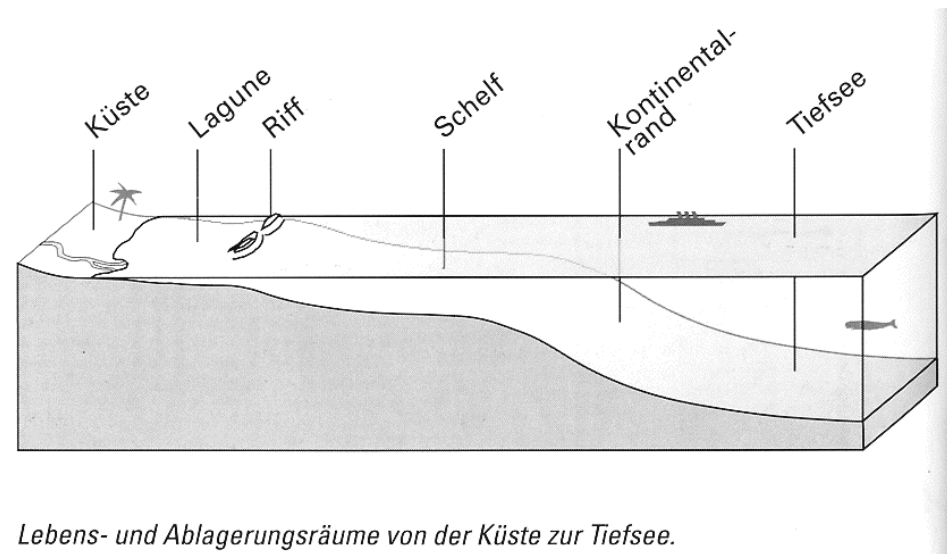


Trigonales Kristallsystem

Marine Sedimentationsbereiche

Die hauptsächlichsten Ablagerungen im marinen Bereich sind Kalke, die von gewaltigen Mengen von Organismen aufgebaut wurden. Nach dem Absterben der Organismen blieben die Schalen und Skelette zurück oder sanken auf den Meeresboden – unbeschädigt oder als Bruchstücke.

Man unterscheidet zwischen feinstkörnigem **mikrokristallinem Calcit** (= Mikrit) und grobkörnigem Calcit (= Sparit).



Lebens- und Ablagerungsräume von der Küste zur Tiefsee.



Quintnerkalk



Seewerkalk



Oehrlikalk

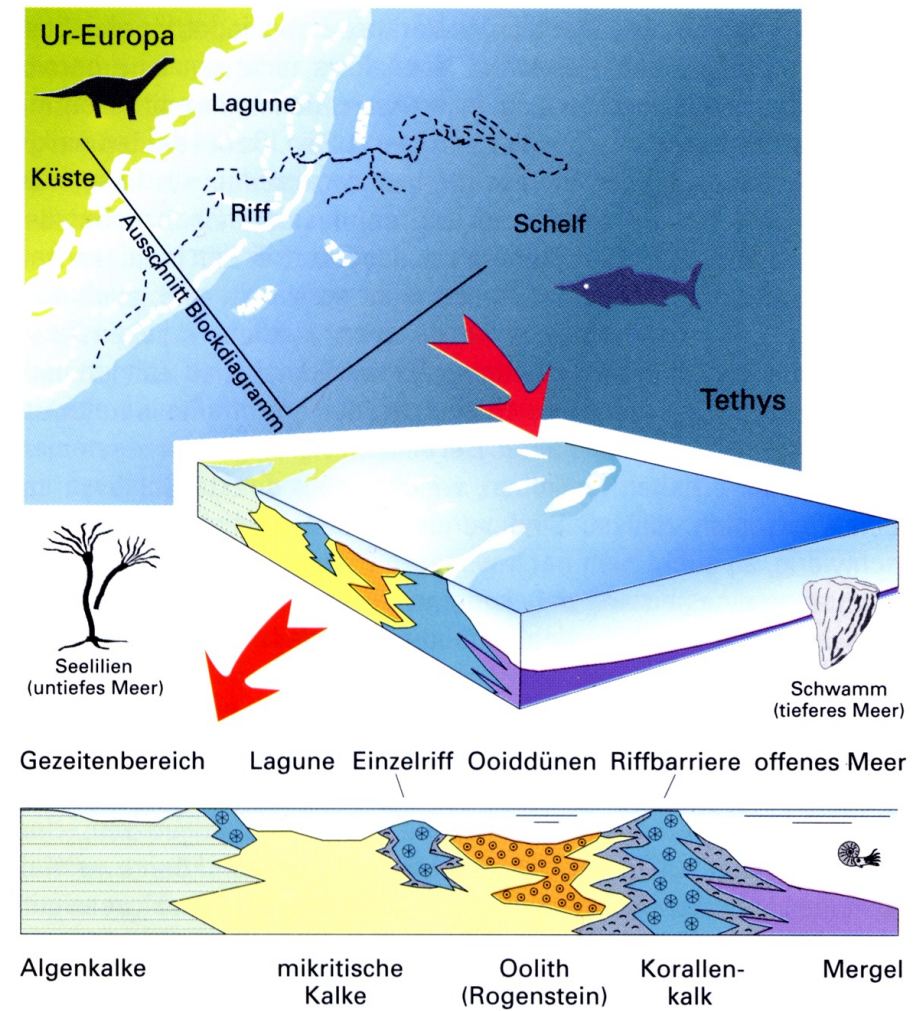


Echinodermenbrekzie

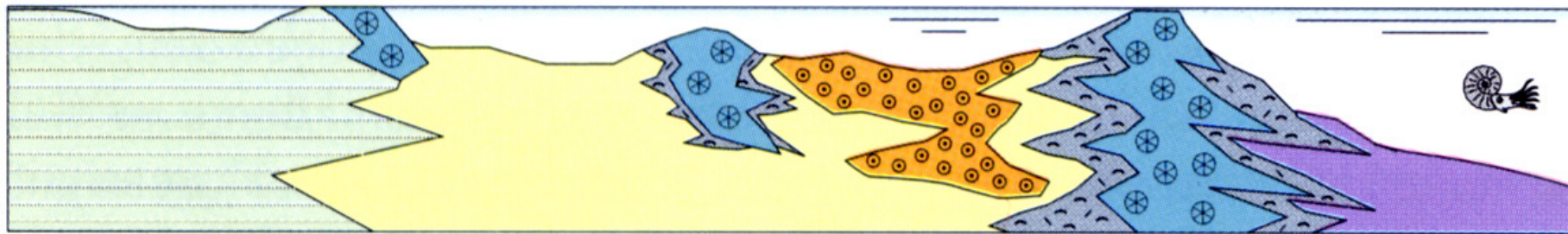
Marine Sedimentationsbereiche



Flachwasser Sedimentationsbereiche,
Highborne Cay, Bahamas



Gezeitenbereich Lagune Einzelriff Ooiddünen Riffbarriere offenes Meer



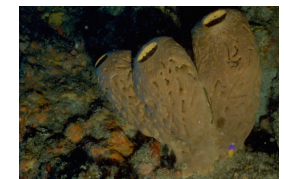
Algenkalke

mikritische
Kalke

Oolith
(Rogenstein)

Korallen-
kalk

Mergel

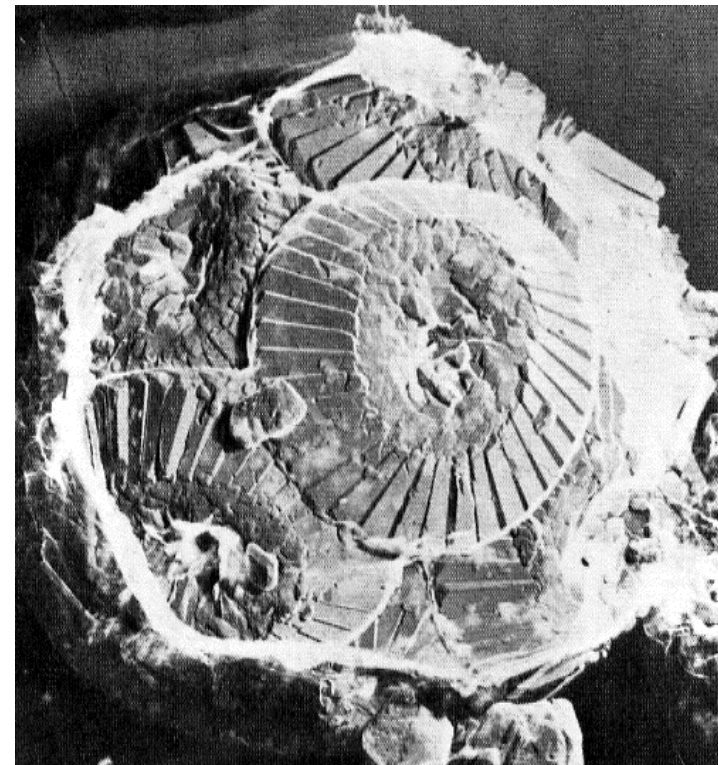


Mikrite

Eine besondere Form des Mikrites ist die ehemalige Schreibkreide. Kreide ist eine sehr reine Art von Kalk, die fast ausschliesslich aus mikroskopisch kleinen Calcitplättchen besteht, die von Coccolithen stammen. Obwohl jedes Plättchen nur ein paar Mikrometer Durchmesser hat, wurden über weite Gebiete Europas Kreideschichten von mehreren hundert Metern Mächtigkeit (Dicke) abgelagert.



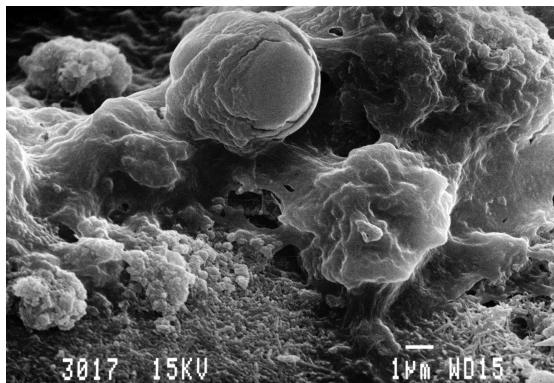
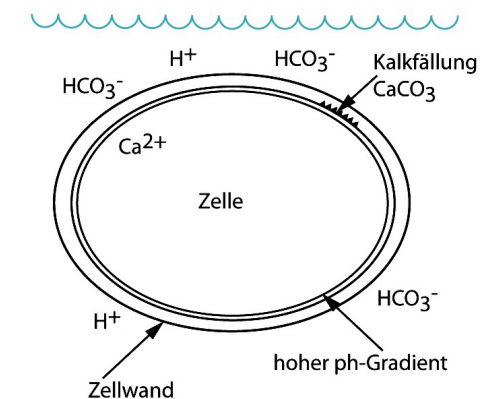
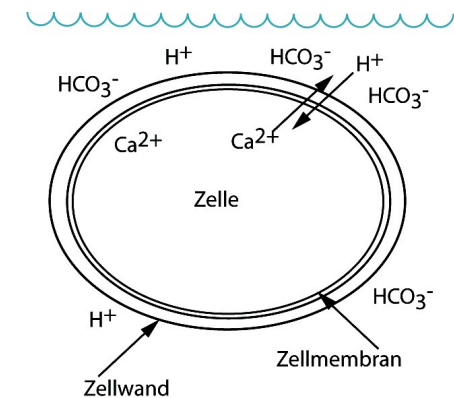
Kreidefelsen, Rügen



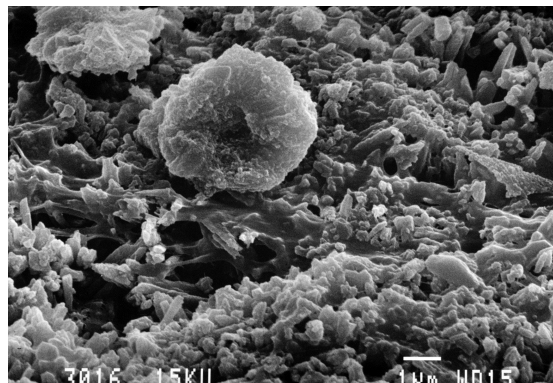
Coccolithosphäre

Mikrobiologische unkontrollierte Kalkproduktion

Durch die grosse pH-Differenz zwischen Zellinnerem und -äusserem kommt es auf der Aussenseite der Zelle spontan zu Kalkfällung, falls genügend Calcium- und Karbonationen vorhanden sind. Da Calciumionen für organische Zellen giftig sind, werden sie durch die Organismen mit einem Pumpsystem nach aussen geschleudert.



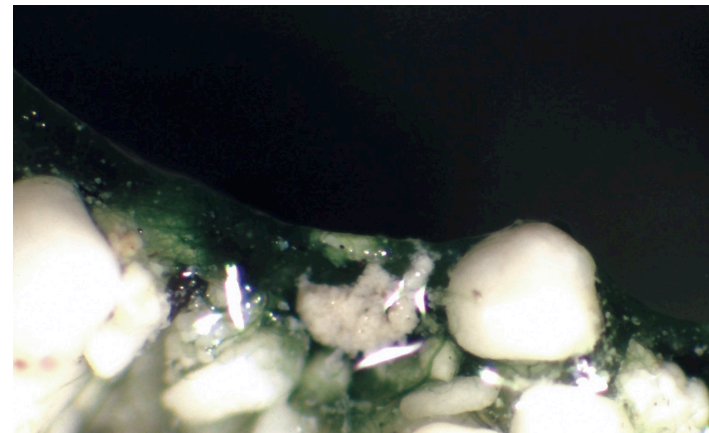
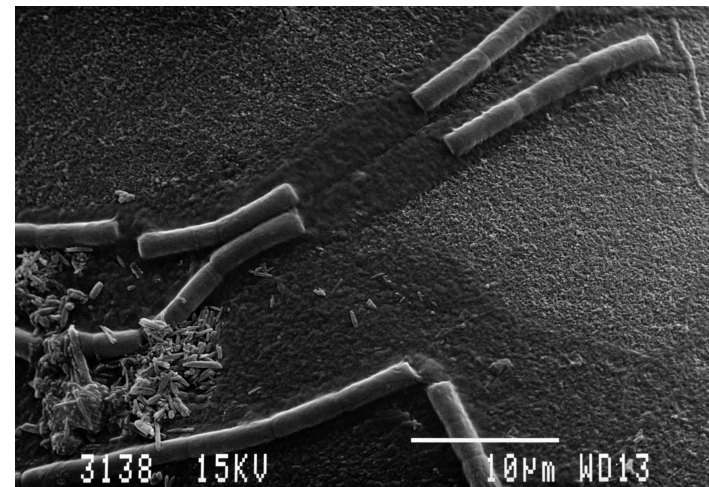
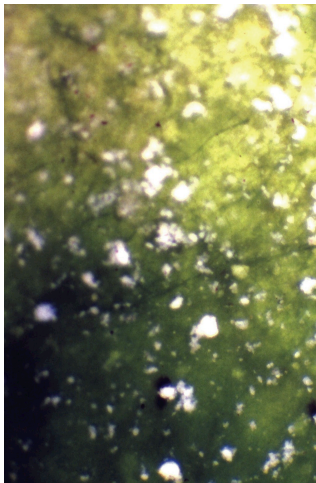
Leicht kalk-inkrustierter Mikro-Organismus (die Risse deuten auf Reste organischer Substanz)



Vollständig kalk-inkrustierter Mikroorganismus

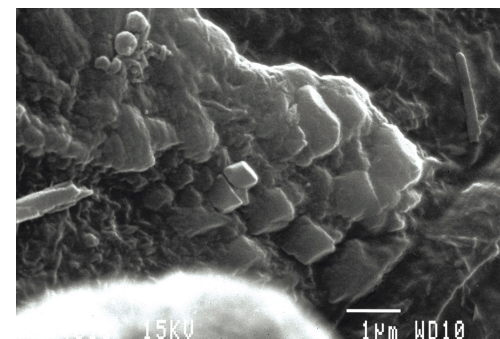
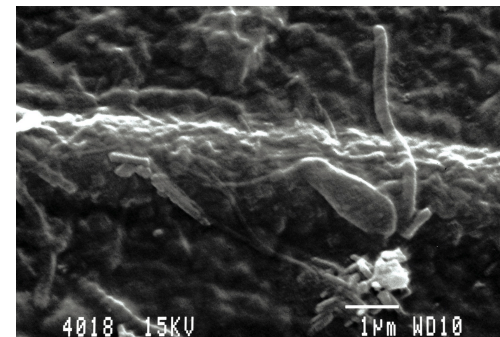
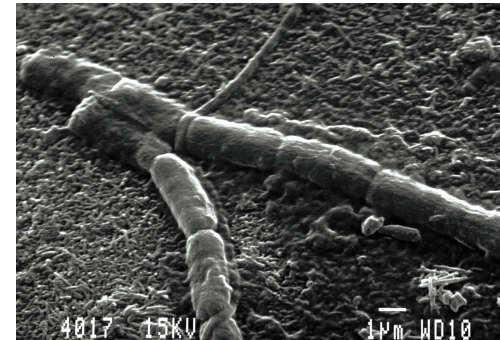
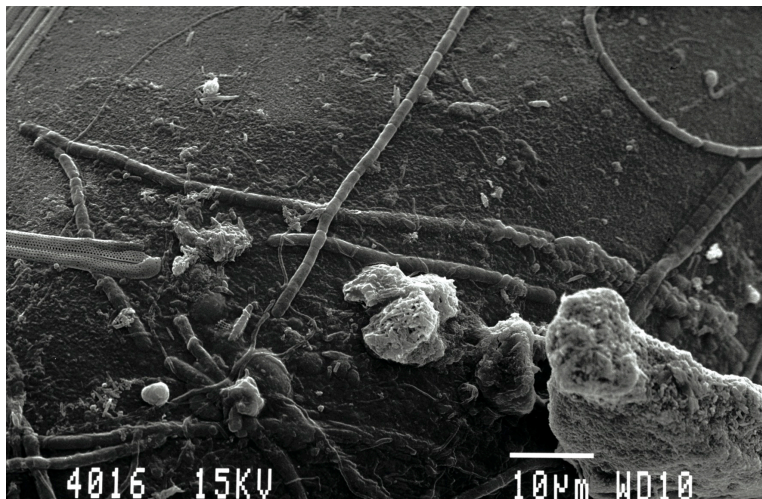
Kalkproduktion in Biofilmen

Cyanobakterien produzieren mit der Photosynthese sogenannte Exopolymere, welche auf festen Oberflächen dünne Schleimschichten – Biofilme – bilden. In solchen Biofilmen werden viele Calciumionen gebunden, wodurch die Zellen der Organismen geschützt werden. Mit dem Zerfall der Biofilme werden die Calcium-Ionen freigesetzt und es kommt zur Ausfällung von Kalk.



Kalkproduktion durch Zersetzung organischer Substanz

Filament in der Mitte; Cyanobakterium *Schizothrix sp.* auf der Oberfläche eines einzelnen Sandkorns. Am linken Rand erkennt man die einzelnen Zellen, in der Mitte ist das Bakterium von anderen noch kleineren Mikroorganismen besiedelt und wird zersetzt. Auf der rechten Seite ist das Filament bereits durch Kalkfällung mineralisiert.



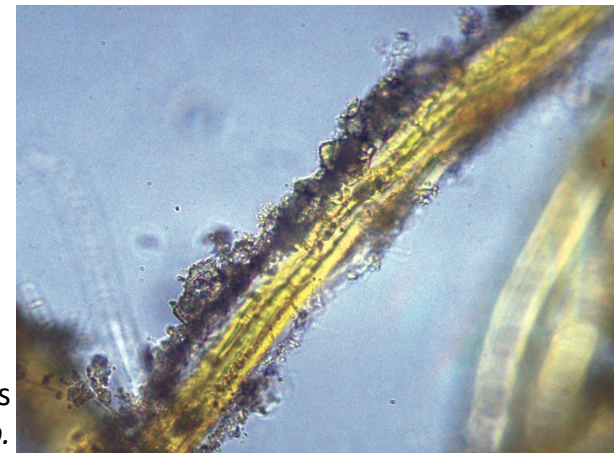
Kalkproduktion durch Photosynthese

Durch die Photosynthese wird der wässrigen Umgebung um das Cyanobakterium herum Wasserstoff entzogen. Das führt zu einem kleinräumig basischen Milieu, wodurch die Kalkproduktion begünstigt wird.

Cyanobakterium *Dichothrix* sp. mit „Schleim“-Hülle (Durchmesser des Filamentes ca. 10 Mikrometer)



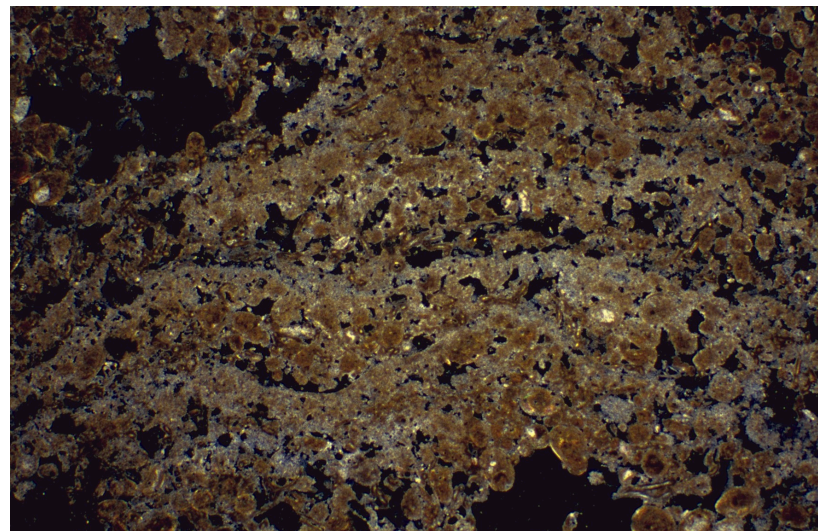
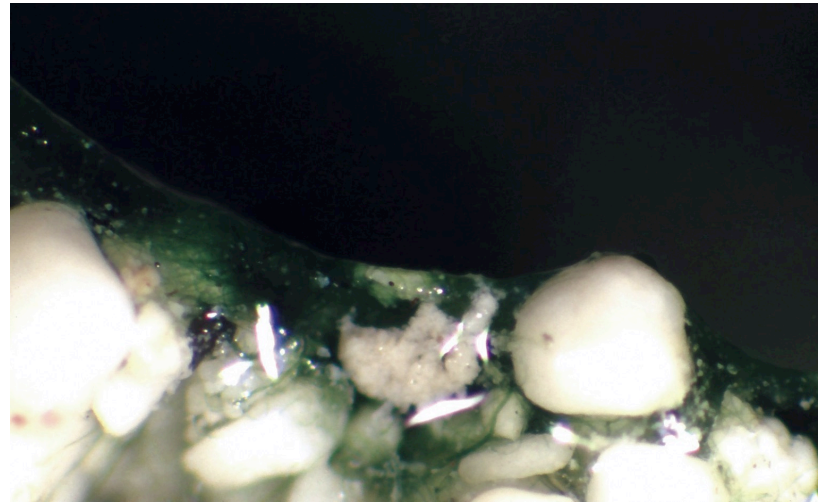
Kalkfällung an der Aussenseite eines Filamentes von *Dichothrix* sp.



Bakterienriffe - Stromatolithen

Mit der Kalkfällung in einem Biofilm werden die Cyanobakterien zugedeckt, wodurch ihnen das Licht für die Photosynthese genommen wird. Sie besiedeln erneut die Oberfläche, bilden einen Biofilm und es entsteht wieder eine dünne Kalkkruste. Auf diese Weise entsteht durch die Bakterien ein lagiges Gebilde, ein Bakterienriff, ein Stromatolith.

Stromatolithen sind die ältesten Riffstrukturen und reichen etwa 3.5 Milliarden Jahre zurück.



Dünnschliffaufnahme von stromatolithischen
Lagen. Bildbreite ca. 2 cm.

Lagenstruktur in Stromatolithen

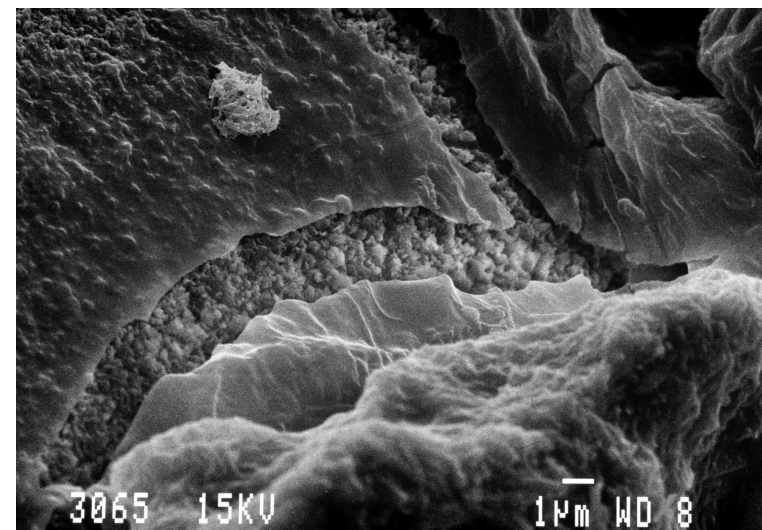
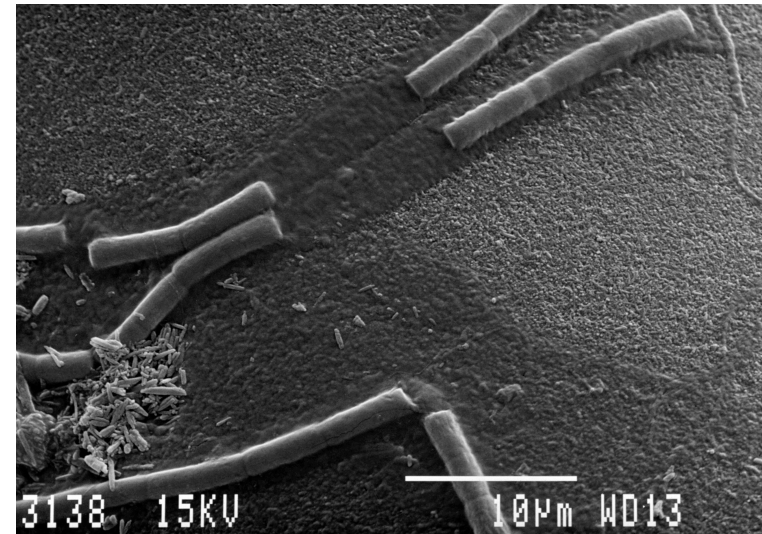
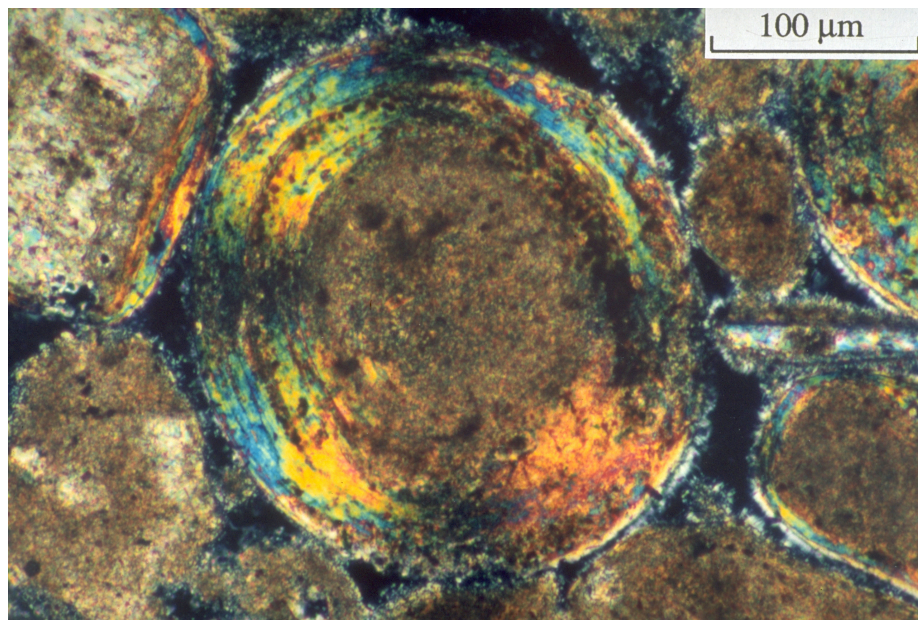


Subtidaler Stromatolith, Exuma Cays, Bahamas



Intertidaler Stromatolith, Exuma Cays, Bahamas

Ooid-Wachstum in Bildern

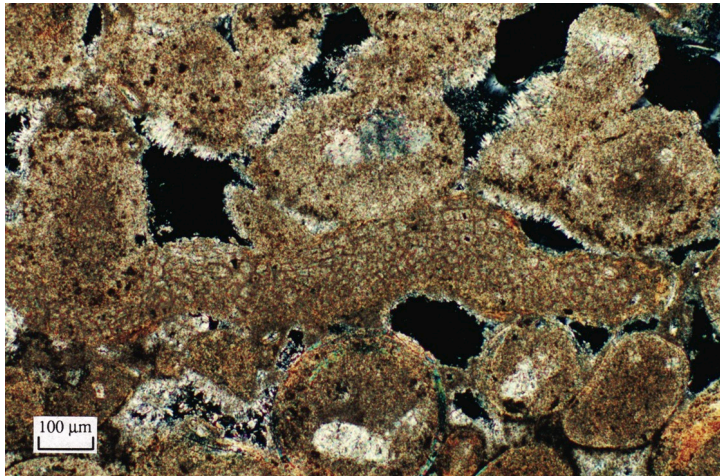


Biologisch kontrollierte Kalkproduktion

Alle moderneren Organismen als Bakterien, welche Kalk produzieren, setzen Enzyme ein, durch die der Ort und das Muster der Kalkbildung bestimmt wird. Auf diese Weise entstanden die vielfältigen Gehäuse und Skelettgebilde von verschiedenen Organismen wie Ammoniten, Muscheln, Schnecken, Brachiopoden, Foraminiferen, Schwämmen, Seelilien, Korallen, Kalkalgen, Seeigeln und weiteren.



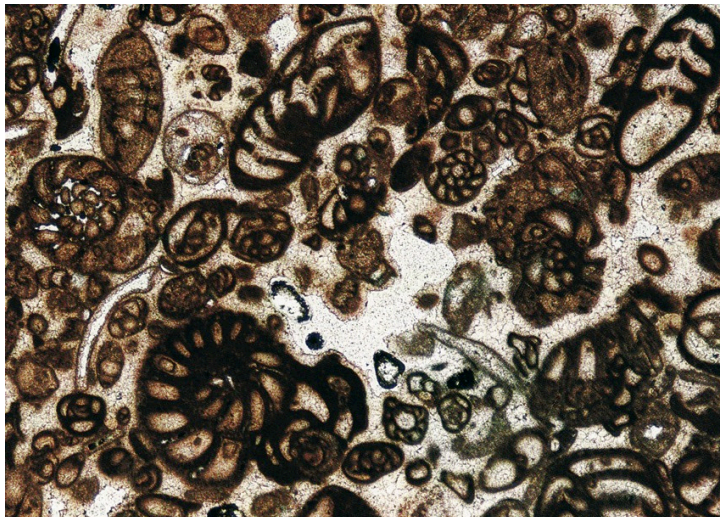
Dünnschliffbilder einiger Schalen-und Skelettbildner



Rotalge



Echinoderme



Foraminiferen

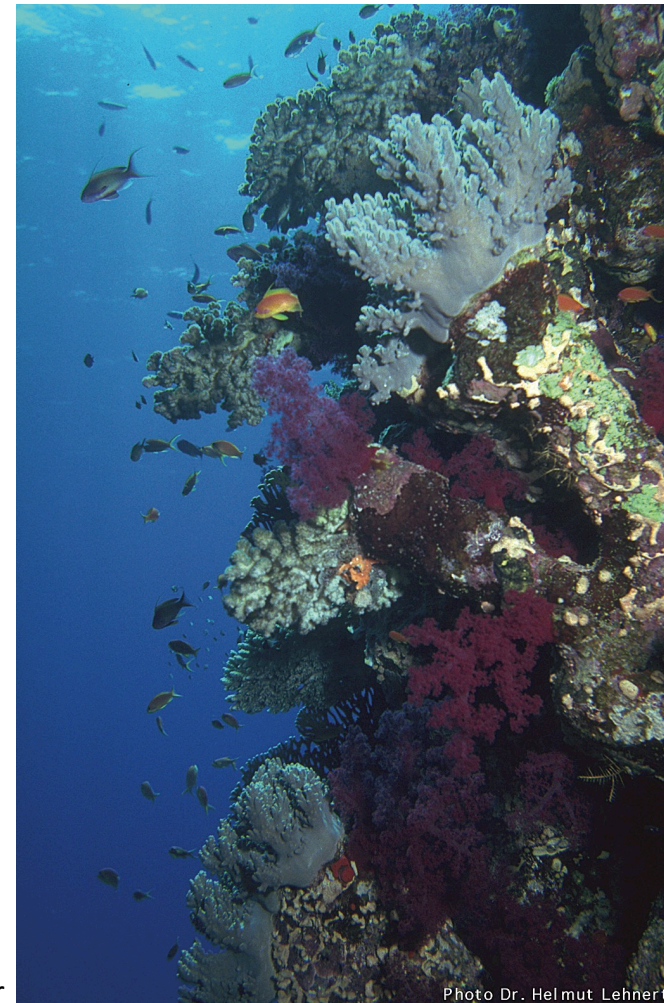


Koralle

Riffkalke

Wie die meisten Sedimentgesteine entsteht auch Kalkstein aus Ablagerungen, die später während der Diagenese verfestigt werden und zu Gestein verhärten. Das Kalkmaterial sesshafter Organismen wird zum Teil an dem Ort, an dem die Organismen gelebt haben, versteinert. Auf diese Weise entstehen die verschiedenen Riffarten.

Es sind aber nicht alle Organismen, die auf einem Riff leben, am Riffbau beteiligt.



Korallenriff im Roten Meer

Photo Dr. Helmut Lehnert

Moderne Riffe

Heute sind die bekanntesten Organismen Korallen und einige Algenarten, die ihre Zellen während des Wachstums zusammen zementieren, wobei die Hartteile der Organismen in ihrer Lebendstellung eingebettet werden. Sie bilden einen harten Riffkalkstein, der unter günstigen Bedingungen zu einem Korallenriff wächst, das bis zu mehreren tausend Kilometer lang und und hunderten von Metern breit sein kann, wie z.B. das Great Barriere Reef vor Ostaustralien.



Korallenriff in der Karibik



Das grösste Korallenriff der Welt:
Great Barriere Reef, Australien

Riff - Substrate

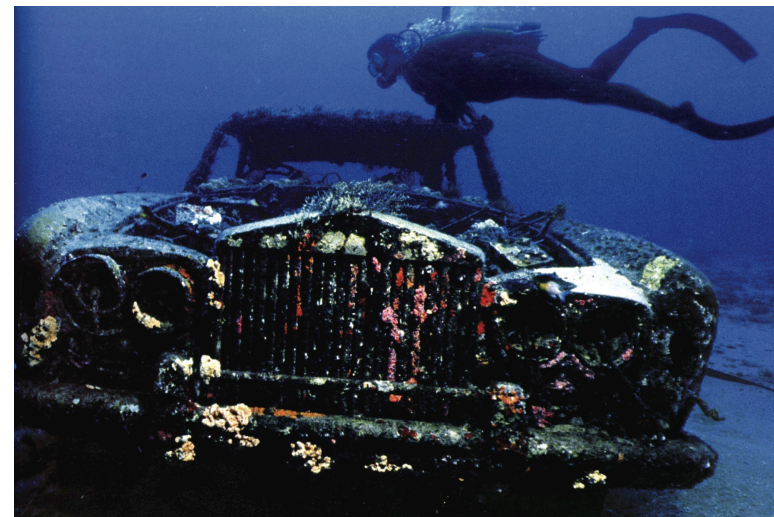
Riffe können sich im Allgemeinen nur auf einem festen Substrat entwickeln und nicht in losem Sand oder Schlamm. So findet man heute im Meer die kuriosesten Substrate, für die sich Rifforganismen entschieden haben.



Bierflasche als Substrat eines Korallenriffs

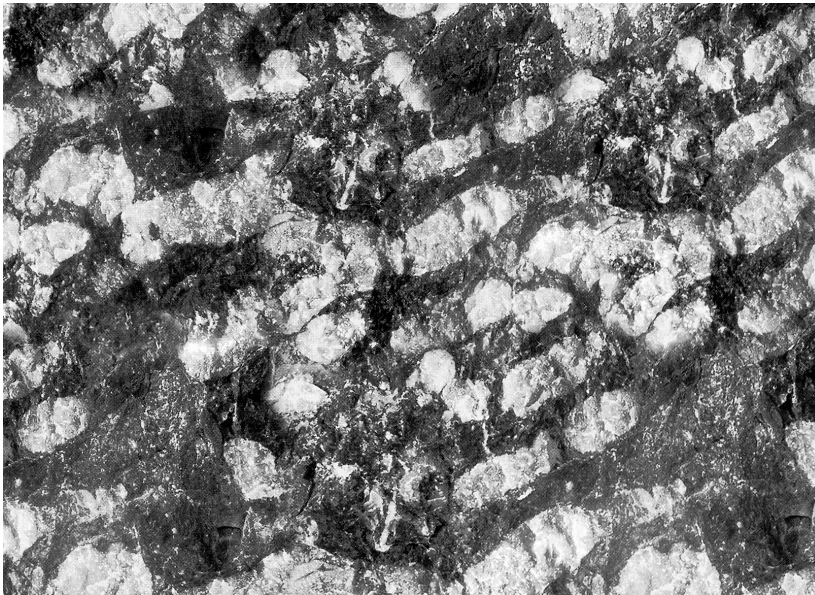


Luxuskarrosse elegant entsorgt ...



... und etwas später als Substrat eines Riffes.

Fossile Riffe



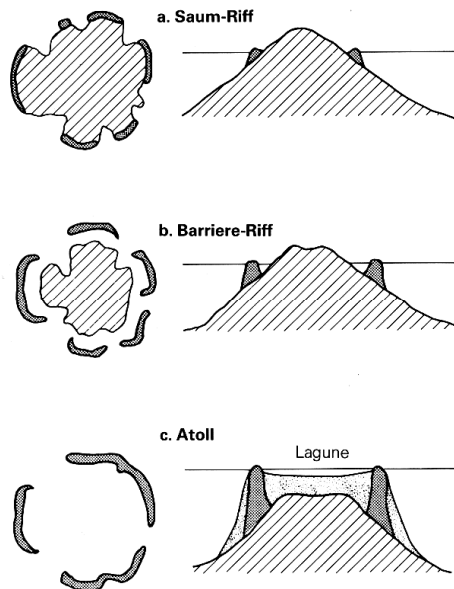
Fossile Korallenstrukturen in jurassischem Kalk.



Pleistozänes Korallenriff, Florida Keys

Die Entstehung von Korallenriffen - Atolle

Im Pazifischen Ozean bilden sich um erloschene Vulkane besondere Arten von Korallenriffen, die einst um Vulkaninseln gewachsen sind. Als die Vulkane erloschen und abgetragen wurden, wuchsen die Korallen rasch genug nach, um nahe der Oberfläche zu bleiben und ein Atoll zu bilden - eine Lagune, umgeben von einem Riff.



Bildung eines Atolls



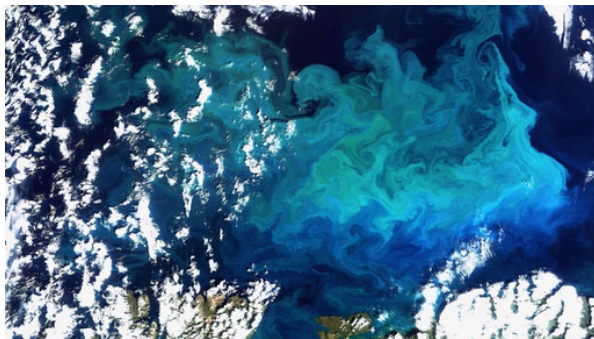
Moorea-Atoll
(Barriere-Riff)



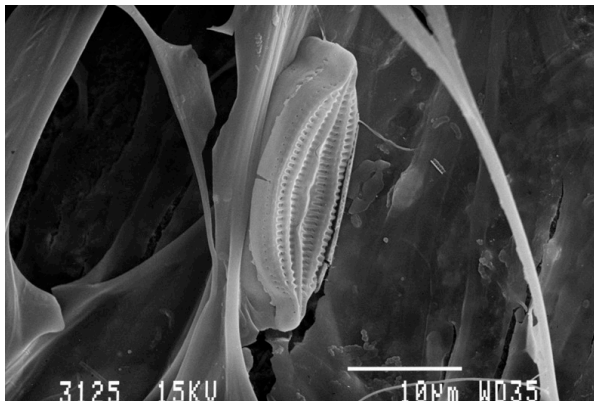
Südsee-Atoll

Kieselige Sedimente

Kieselalgen (Diatomeen) können riesige „Blüten“ bilden. Nach dem Absterben lagern sich ihre Opalskelett ab. Mit der Diagenese bildet sich ein Horizont mit kieseligen Knollen – Feuersteine.



Kieselalgenblüte in der Ostsee



Diatomee – Kieselalgenskelett aus Opal (SiO_2)



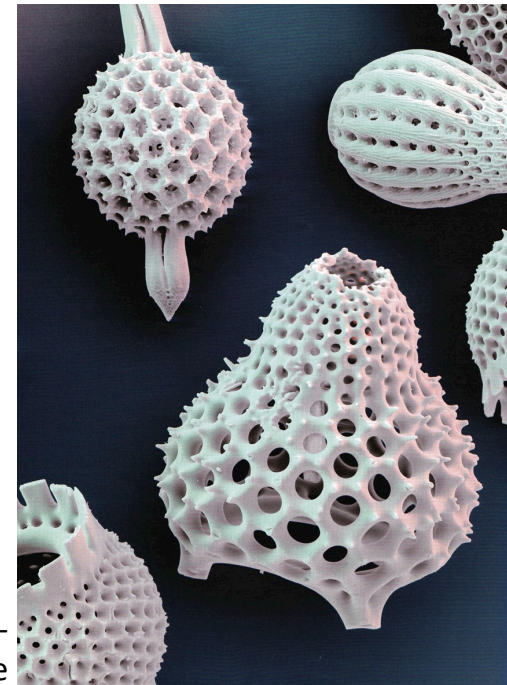
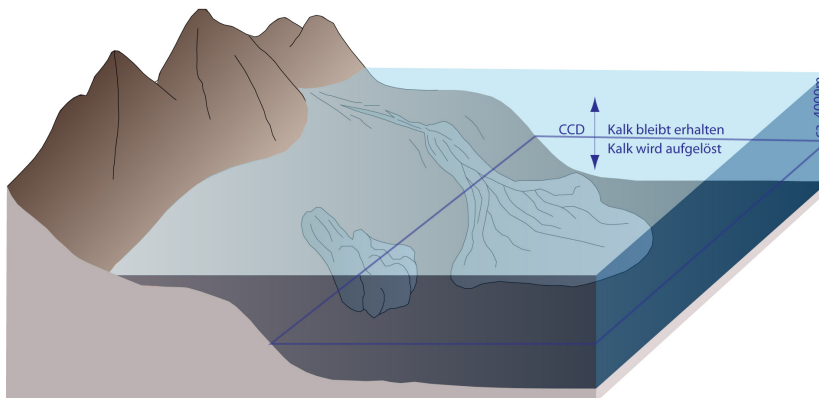
Feuersteinhorizonte in den Kreidefelsen von Rügen



Feuersteine am Strand von Rügen

Kieselige Sedimente

Im Tiefseebereich können sich keine Kalksteine bilden, da unterhalb der Calcit Kompensationstiefe (CCD), einer Tiefe meist zwischen 4000-5000 Metern, aufgrund des hohen Kohlendioxiddruckes (CO_2) Calcit wieder aufgelöst wird. Von den absinkenden Schalen und Skeletten bleiben in solchen Tiefen nur solche aus Kiesel (SiO_2) oder andern unlöslichen Substanzen zurück, insbesondere die feinen Skelette der Radiolarien, einer Gruppe von Einzellern.



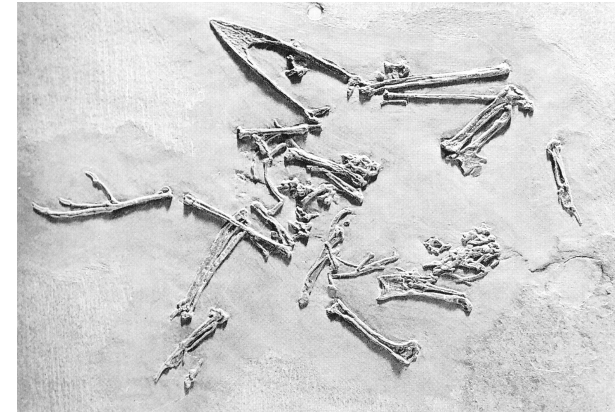
Radiolarien-Skelette



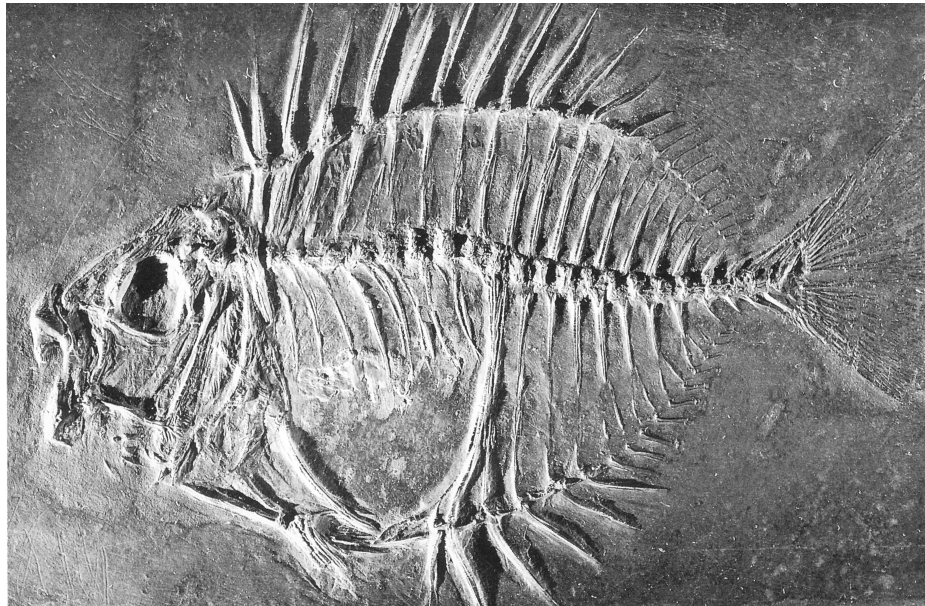
Radiolarit, Piz Nair

Phosphate

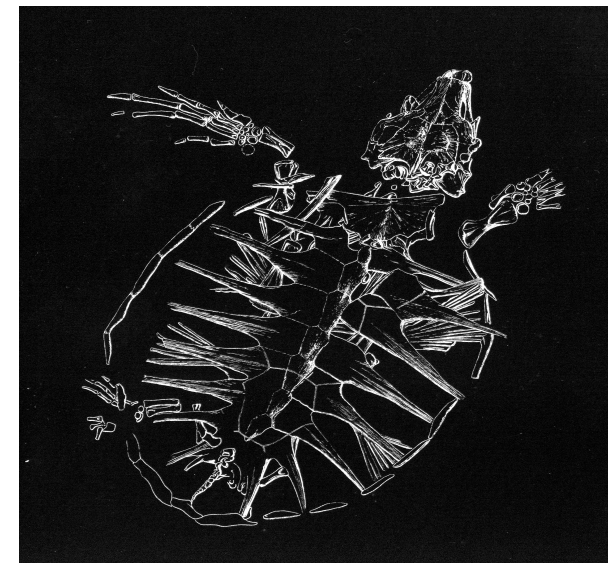
Knochen von Tieren oder Fischgräte bestehen aus Phosphat und werden unterhalb der CCD in grosser Meerestiefe auch nicht aufgelöst. Deswegen findet man sie nicht selten in Tiefseesedimenten.



Protornis glaronensis (Glarner Vogel)



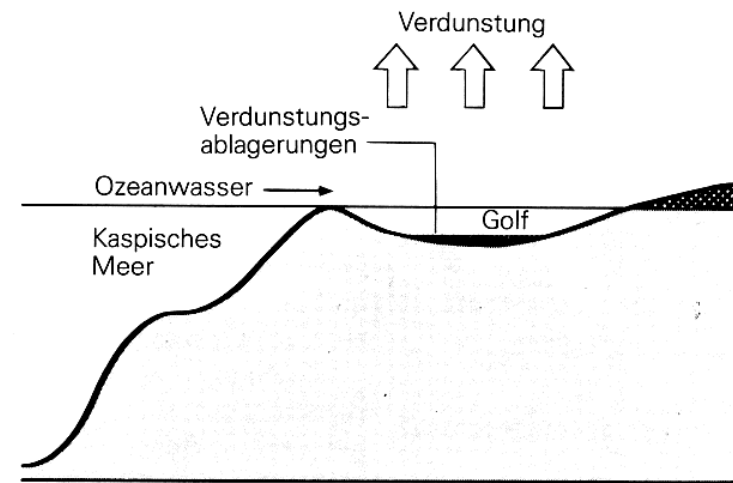
Protosiganus glarisianus (Kaninchenfisch)



Glarichelys knorri (Glarner Schildkröte)

Evaporite

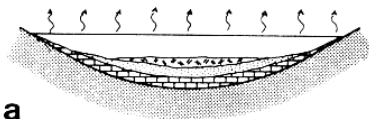
Im trockenen Klimabereich kann in abgeschlossenen Meeresbecken die Verdunstung so stark sein, dass sie grösser ist, als die Wasserzufuhr ins Becken. So kommt es zur Ausscheidung der im Meerwasser gelösten Stoffe in Form von Evaporiten (Verdunstungsgesteinen) wie Gips, Anhydrit, Steinsalz, Kali- oder Magnesiumsalzen. Die letzteren werden nur bei extremer Eindampfung ausgeschieden, so dass Lagerstätten mit solchen Salzen entsprechend selten sind.



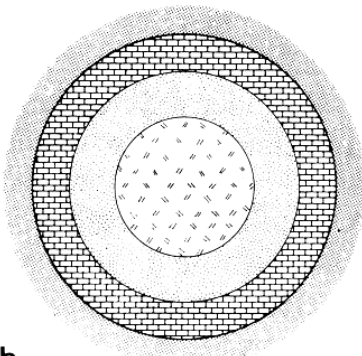
Salzlagune, Mexico

„Bullauge“ - Struktur

Vor ca. 5.5 Millionen Jahren schloss sich die Verbindung zwischen Mittelmeer und Atlantik bei Gibraltar. Da die Verdunstungsrate des Wasser im westlichen Mittelmeer höher war als die Zuflussrate durch Flüsse, trocknete es aus und hinterliess an seinen Rändern eine typische „Bullauge“-Struktur.

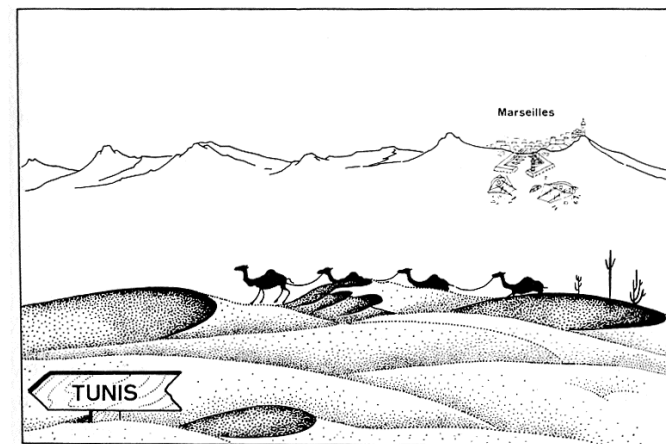
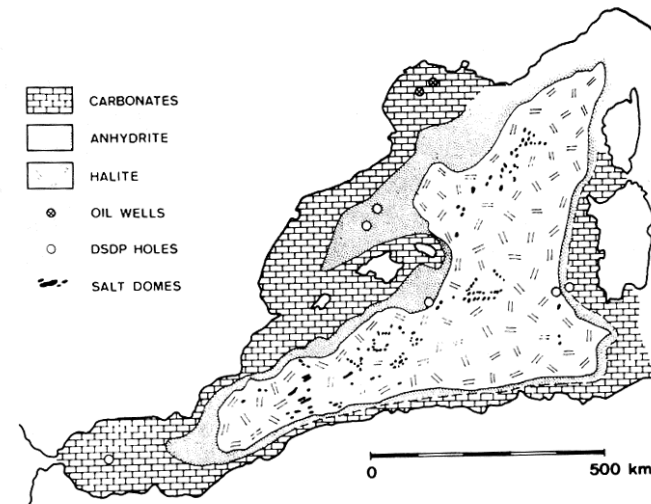


a



b

Carbonates Gypsum Halite



33. Cartoon from a North Borneo newspaper that reported the findings of the Leg 13 cruise.

Schwefelquellen

Eine Anreicherung von Schwefel im Wasser entsteht dann, wenn das Wasser auf seinem Weg von der Oberfläche bis zu seinem Quellaustritt Schwefel aufnimmt. Dabei kann sich Gips im Regenwasser mit Hilfe von Mikroorganismen auflösen und es entsteht Schwefelwasser mit seinem typischen Geruch nach „faulen“ Eiern. Alle bekannten kalten Schwefelquellen in unserer Region haben ihre Ursache im Gips, der einst in der Mittleren und Späten Trias abgelagert wurde.



Das einstige Bad Stachelberg



Schwefelquelle Luchsingen (GL)

Chemische und Organochemische Sedimente und Sedimentgesteine

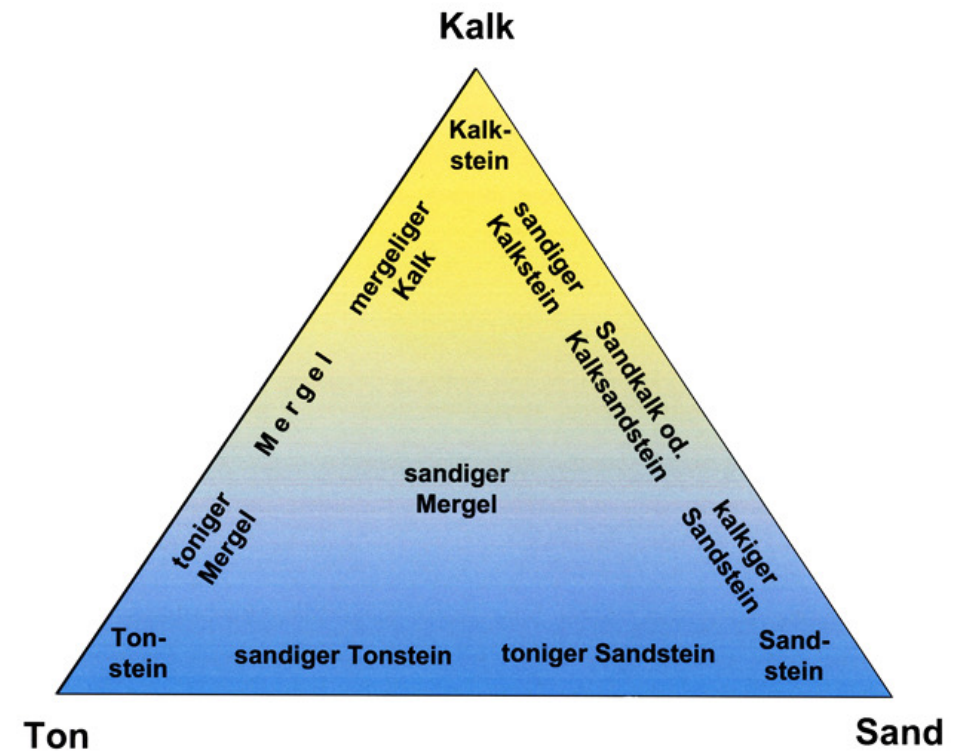
Begriff	Chemische Zusammensetzung	Minerale
Karbonate		
Kalkstein (Travertin, Tropfstein, Quelltuff, ...)	Calciumcarbonat (CaCO_3)	Calcit, Aragonit
Dolomit	Calcium-Magnesium-Carbonat ($\text{Ca,Mg}(\text{CO}_3)_2$)	Dolomit
Kieselige Sedimente		
Hornstein, Feuerstein (Flint), Silex	Siliciumdioxid (SiO_2)	Opal, Chalcedon, Jaspis, ...
Oxide		
Eisenerz	Eisenoxid (Fe_2O_3)	Hämatit, Limonit
Evaporite - Verdunstungsgesteine		
Steinsalz	Natriumchlorid (NaCl)	Halit
Sulfate (Sulfatsalze)	Calciumsulfat (CaSO_4)	Gips, Anhydrit
Phosphate		
Phosphorit	Calciumphosphat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$)	Apatit (Zahnschmelz)
Bituminöse "Gesteine" - Umwandlungen organischer Weichteile		
Pflanzliche Organismen	Torf, Kohle	
Tierische Organismen	Erdöl	

Klastische und Chemische Sedimente

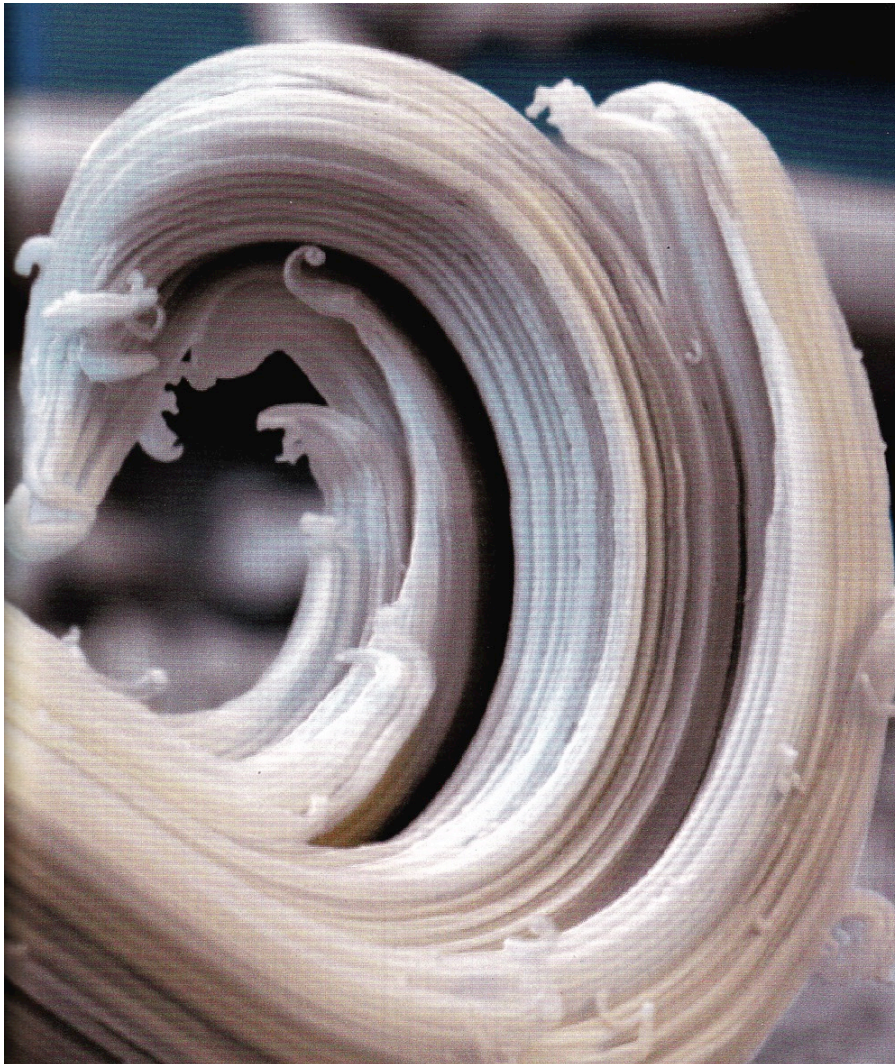
Die Flüsse tragen ständig Material in die Meere, entweder Sand oder Ton. Beide können bis zu Hunderten von Kilometern weit ins Meer hinausgetragen werden, bevor sie absinken und sich mit dem Kalkschlamm vermengen. So können beliebige Mischungen zwischen reinem Kalk-, reinem Ton- und reinem Sandstein entstehen.



Flussmündung

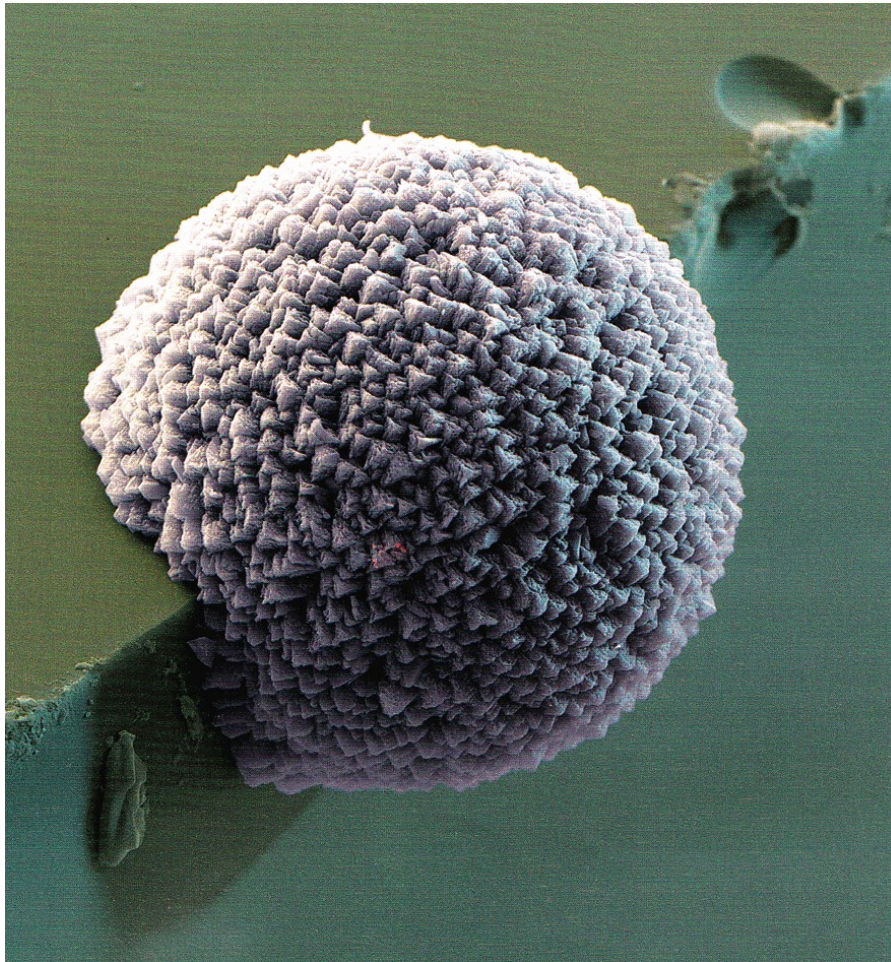


Organische Mineralisationen



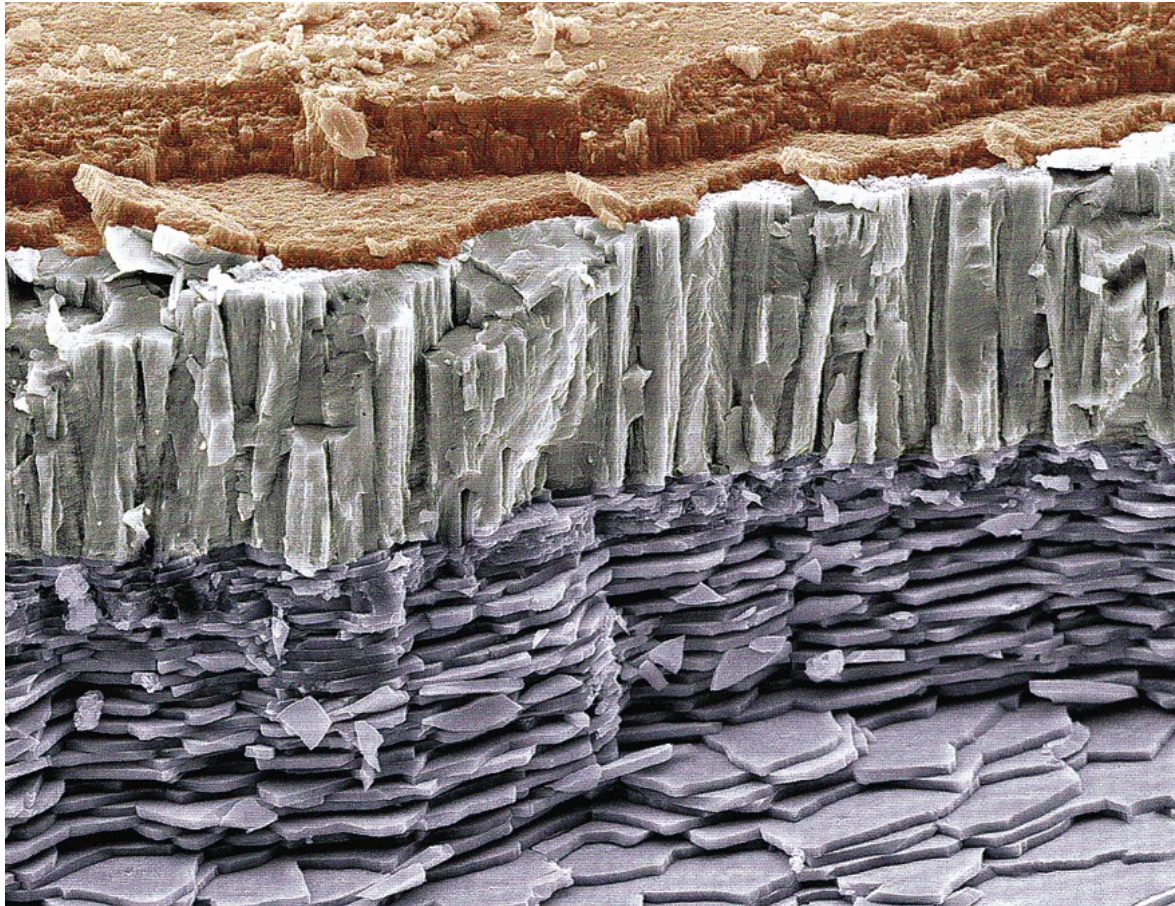
Baryt (BaSO_4) in
Gegenwart eines
Kettenmoleküls

Organische Mineralisationen



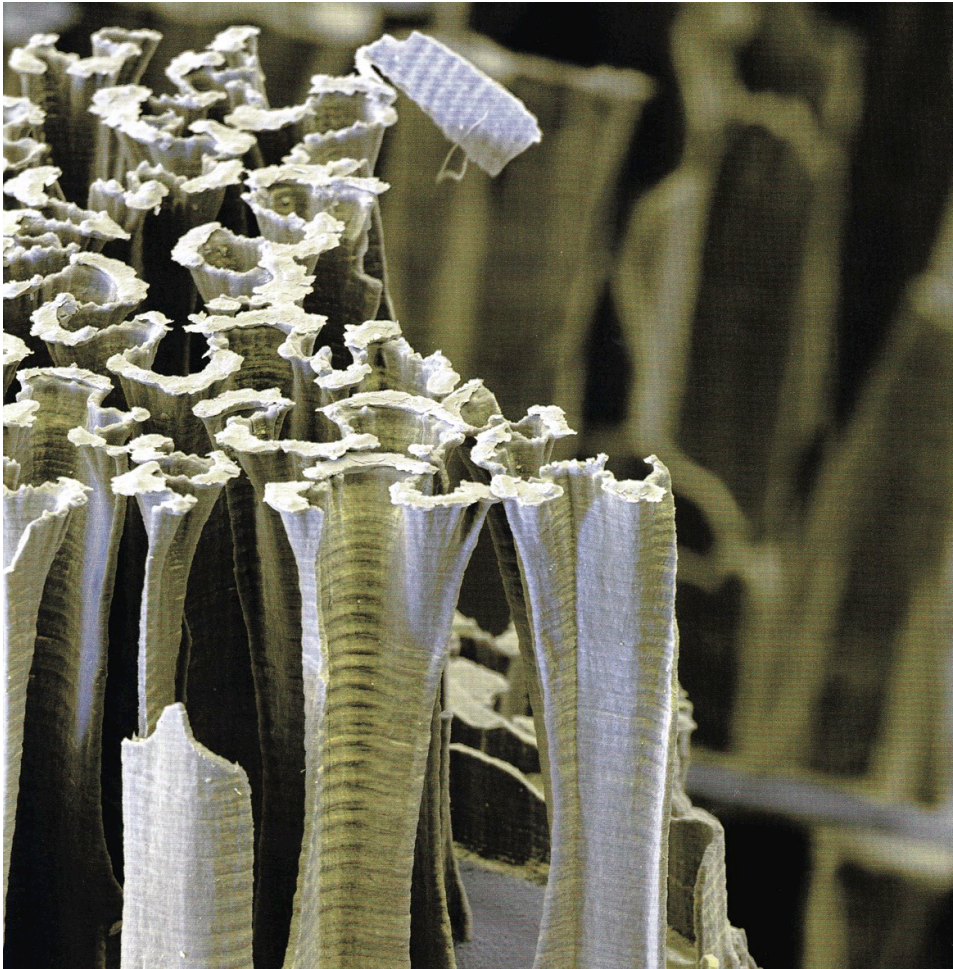
Calcit (CaCO_3) in
Gegenwart eines
Kettenmoleküls

Organische Mineralisationen



Schichtaufbau einer Schneckenschale. Die Perlmuttertschicht (graublau) besteht aus Aragonit, wobei jede Lage in eine Matrix aus Proteinen und Chitin verpackt ist. Der Rest aus Calcit.

Organische Mineralisationen



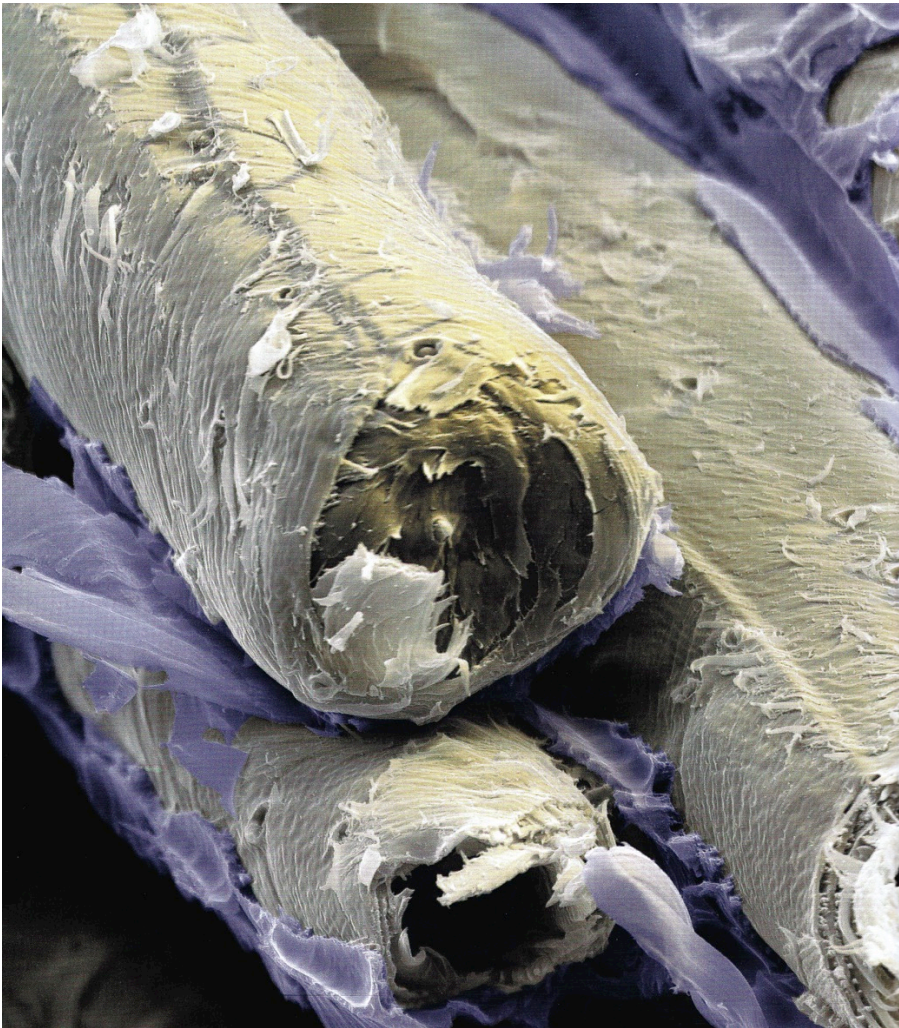
Luftkammern im Schulp (Wetzstein) des Sepia-Tintenfisches. Etwa 4% Eiweiss und Chitin sind dem Kalk beigemischt. Diese Konstruktion widersteht dem Wasserdruck in mehreren 100 m Tiefe.

Organische Mineralisationen



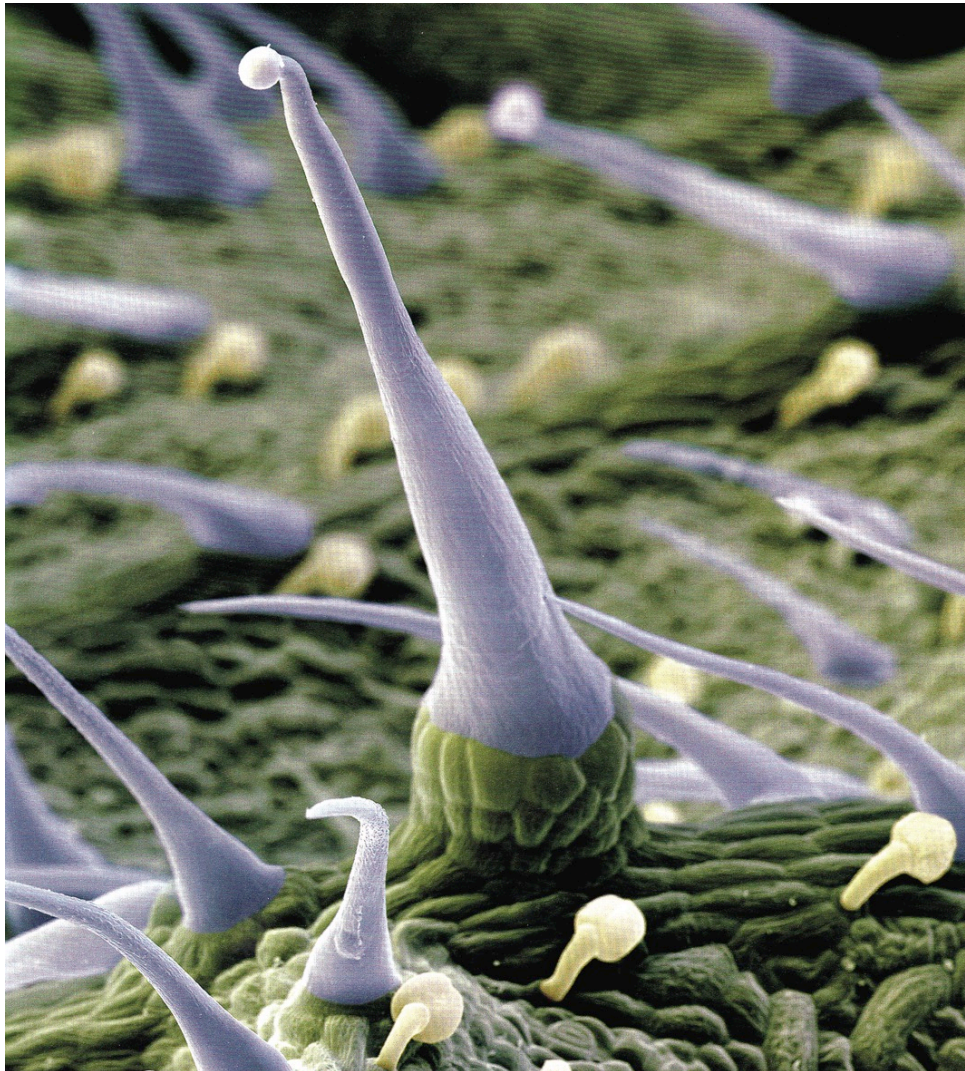
Im Stachel eines
Seeigels ist ein Kranz
von Kalksäulen
zwischen Hautzellen
eingebettet.

Organische Mineralisationen



Bambus - in die Einzelfasern baut die Pflanze grosse Mengen Kieselsäure (SiO₂) ein. Manche Arten mehr als 70%

Organische Mineralisationen



Brennnessel - in die Wände eines Brennhärchens lagert die Pflanze Kieselsäure ein. Dadurch bricht die Spitze bei einer Berührung leicht. Der Schaft bohrt sich wie eine Injektionsnadel in die Haut und setzt einen Schmerz auslösenden Chemikaliencocktail frei.