geo-life

Einführung in die Geologie



Mark Feldmann Dr.sc.nat. ETH



Inhalt

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

geo-life

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.



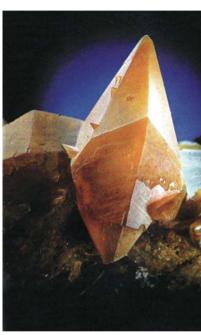
Glärnisch mit Vrenelisgärtli



Kalk CaCO₃ - Aragonit oder Calcit

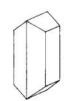


Aragonit



















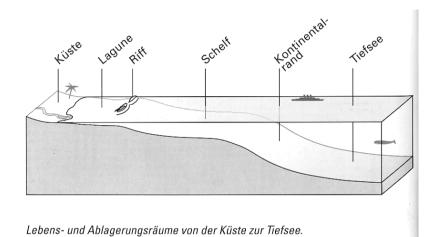




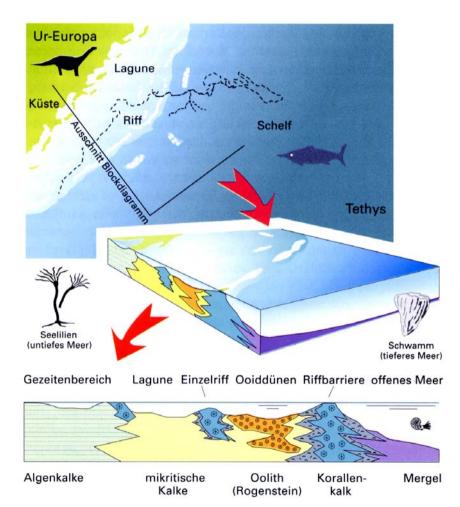
Orthorhombisches Kristallsystem

Trigonales Kristallsystem

Marine Sedimentationsbereiche

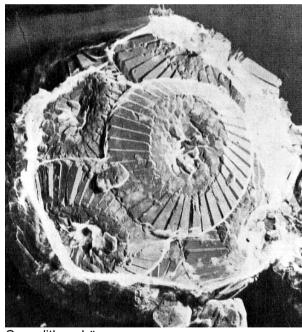


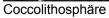
Die hauptsächlichsten Ablagerungen im Schelfbereich sind Kalke verschiedenster Art, seien es extrem feine mikritische (mikrokristalliner Calcit), gröbere mit sichtbaren Calcit-Kristallen oder solche mit Fossilresten.



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.

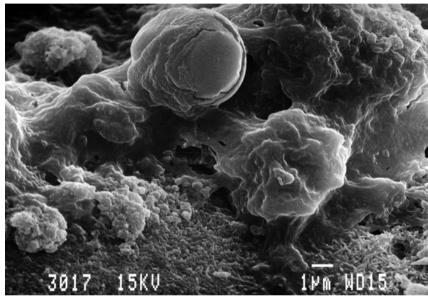


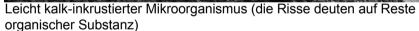


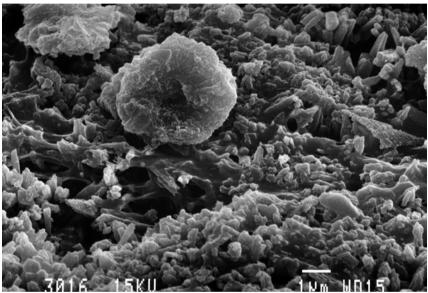


Kreidefelsen, Rügen

Mikrobiologische unkontrollierte Kalkproduktion







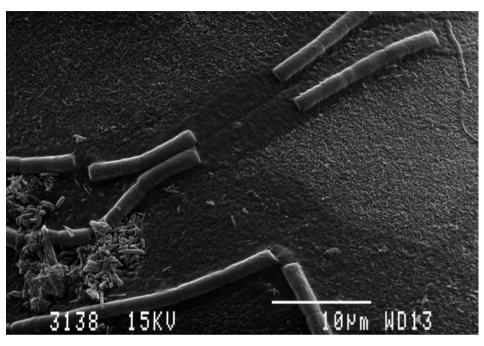
Vollständig kalk-inkrustierter Mikroorganismus

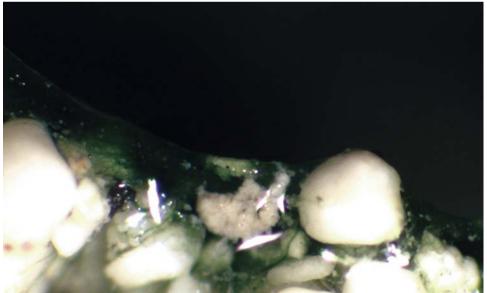
Durch die grosse pH-Differenz zwischen Zellinnerem und -äusserem kommt es auf der Aussenseite der Zelle spontan zu Kalkfällung, falls genügend Calcium- und Karbonationen vorhanden sind. Da Calciumionen für organische Zellen giftig sind, werden sie durch die Organismen mit einem Pumpsystem nach aussen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

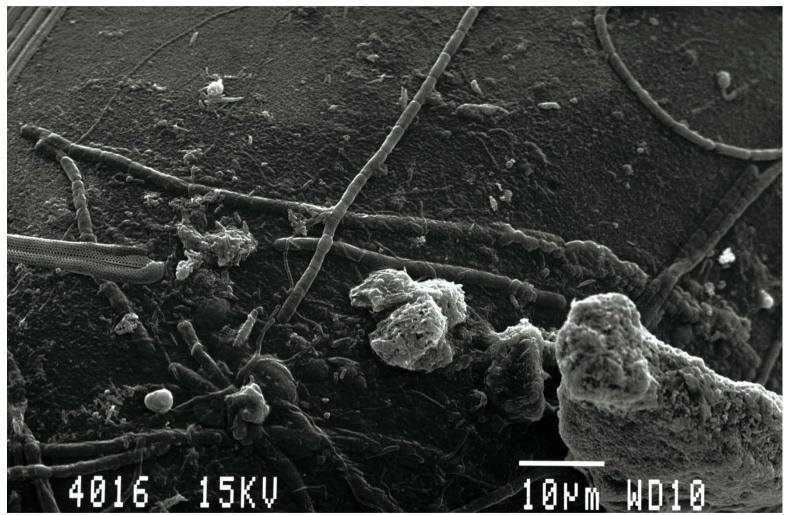




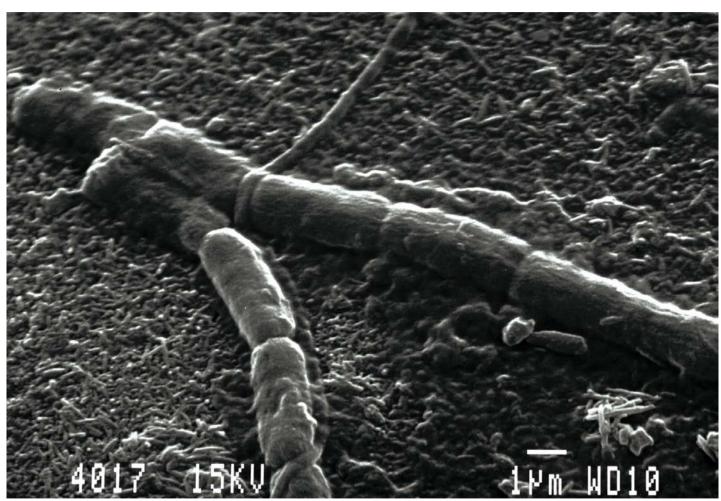




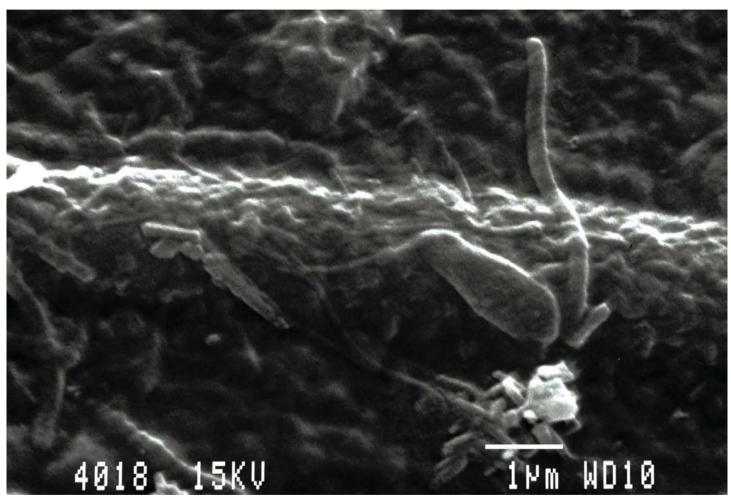




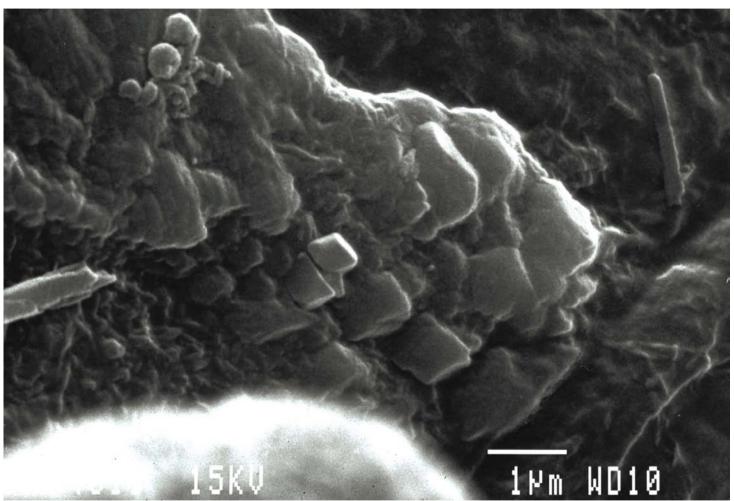
Filament in der Mitte; Cyanobakterium *Schizothrix sp.* auf der Oberfläche eines einzelnen Sandkorns. Am linken Rand erkennt man die einzelnen Zellen, in der Mitte ist das Bakterium von anderen noch kleineren Mikroorganismen besiedelt und auf der rechten Seite ist das Filament bereits durch Kalkfällung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



Zellstrukturen des Cyanobakteriums Schizothrix sp.



Besiedlung und Abbau eines Cyanobakterienfilaments durch Mikroorganismen unbekannter Art



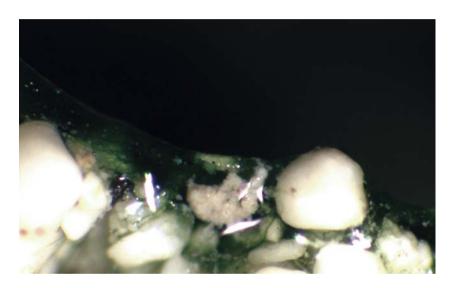
Kalkmineralisierung des Cyanobakterienfilamentes durch die Freisetzung von Calciumionen, welche vorher an die organische Substanz gebunden waren.

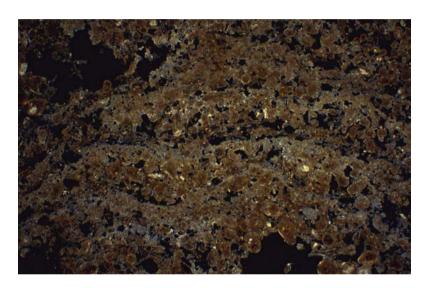


Cyanobakterium *Dichothrix sp.* mit "Schleim"-Hülle (Durchmesser des Filamentes ca. 10 Mikrometer)

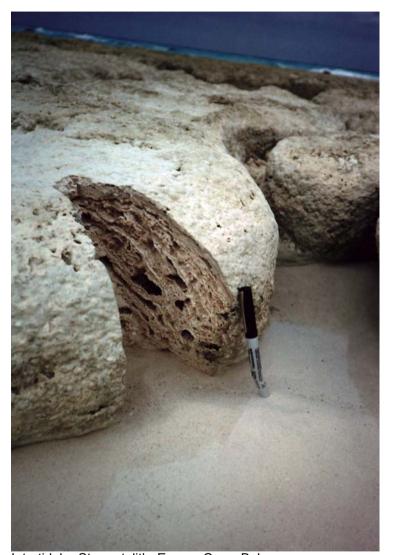


Kalkfällung an der Aussenseite eines Filamentes von Dichothrix sp.





Kalkfällung in einem Biofilm und das Endprodukt: die Lagenbildung eines Stromatolithen. Auf diese Weise entstanden die ersten Riffe durch Bakterien.



Intertidaler Stromatolith, Exuma Cays, Bahamas

Lagenstruktur in Stromatolithen



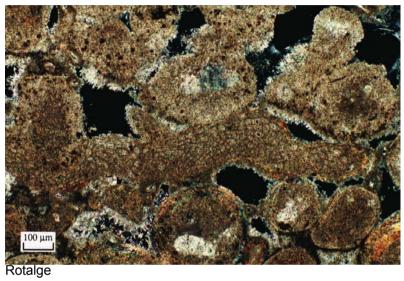
Subtidaler Stromatolith, Exuma Cays, Bahamas

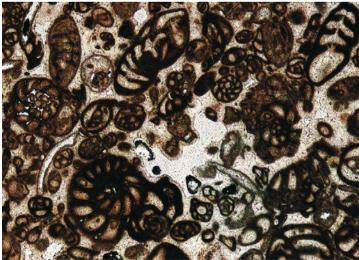
Schalen und Skelette

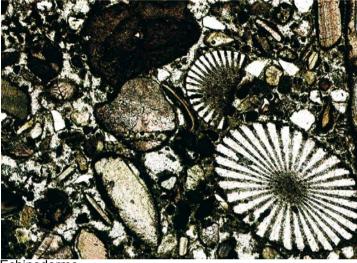
Organismen, die Kalk produzieren, können Schalen aus Calcit oder Aragonit aufbauen (Ammoniten, Muscheln, Schnecken, Brachiopoden, Foraminiferen), Calcit-Skelette bilden (div. Schwämme, Seelilien) oder sie leben in Gehäusen aus Calcit (Korallen, Kalkalgen, Seeigel).



Enzymatisch kontrollierte Verkalkungsmuster







Echinoderme



Riffkalke

Wie die meisten Sedimentgesteine entsteht auch Kalkstein aus weichen 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.

Die ältesten sesshaften Organismen waren Cyanobakterien, die bereits vor 3.5 Milliarden Jahren kalkige Gebilde, sogenannte Stromatolithen, bauten.



Moderne Stromatolihen, Bahamas

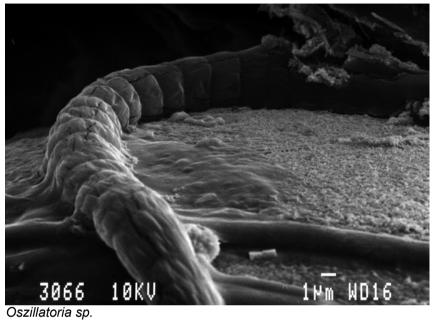


Moderne Stromatolithen

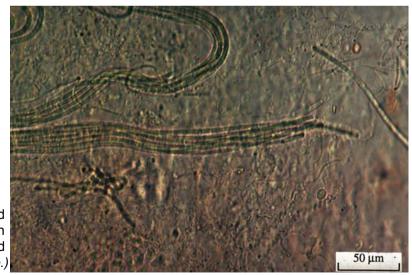
Shark Bay, W-Australien



Lagen-Struktur eines Stromatolithen Lee Stocking Island, Bahamas



Moderne Cyanobakterien, Bahamas



Kolonie verschiedener faden- und kugelförmiger Cyanobakterien (z.B. *Microcoleus sp.* und *Spirulina sp.*)

geo-life



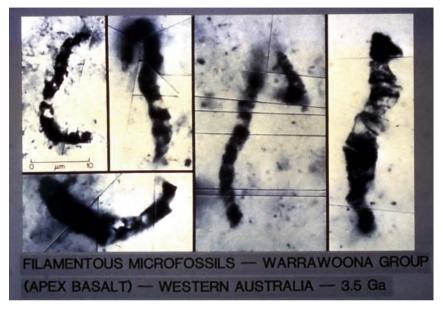


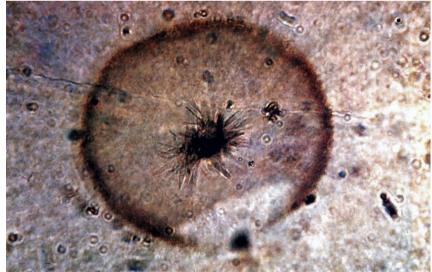
Fossile Stromatolithen



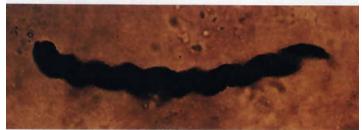


Fossile Cyanobakterien













Bitter Springs, Australien, 850 Ma

Gunflint Formation, Canada, 2 Ga



Moderne Riffe

Heute sind die bekanntesten
Organismen Korallen und einige
Algenarten, die ihre Zellen während
des Wachstums zusammenzementieren, 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.

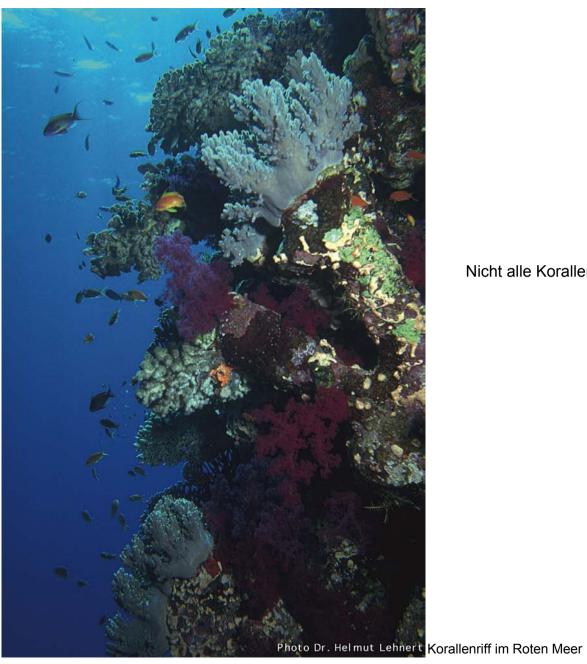
Das grösste Korallenriff der Welt: Great Barriere Reef, Australien





Korallenriff in der Karibik





Nicht alle Korallen bauen Riffe!

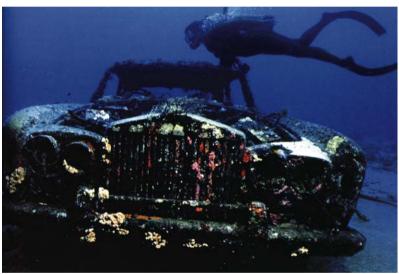




Bierflasche als Substrat eines Korallenriffs



Luxuskarrosse elegant entsorgt ...

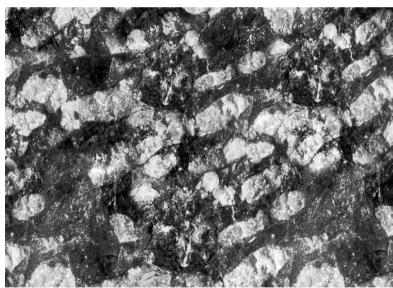


... und etwas später als Substrat eines Riffes.



Pleistozänes Korallenriff, Florida Keys

Fossile Riffe



Fossile Korallenstrukturen in jurassischem Kalk (ca. 160 Mio Jahre)

Atolle

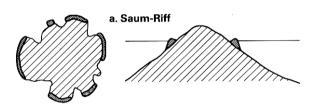
Im Pazifischen Ozean bilden sich um erloschene Vulkane besondere Arten von Korallenriffen, die einst um Vulkaninseln gewachsen sind. Als die Vulkane erloschen und abgetragen wurden, wuchsen die Korallen rasch genug nach, um nahe der Oberfläche zu bleiben und ein Atoll zu bilden - eine Lagune, umgeben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

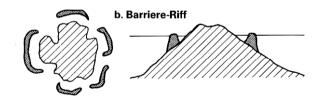


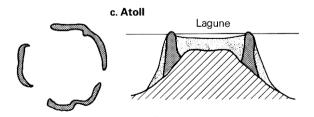
Moorea-Atoll (Barriere-Riff)



Südsee-Atoll



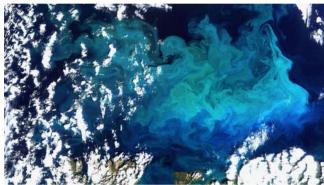




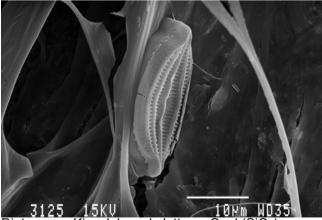
Bildung eines Atolls

geo-life **Kieselige Sedimente**

Kieselalgen (Diatomeen) können riesige "Blüten" bilden. Nach dem Absterben lagern sich ihre Opalskelett ab. Mit der Diagenese bildet sich ein Horizont mit kielseligen Knollen -Feuersteine.



Kieselalgenblüte in der Ostsee



3125 15KU 10Fm WD3 Diatomee – Kieselalgenskelett aus Opal (SiO₂)



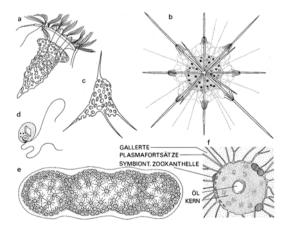
Feuersteinhorizonte in den Kreidefelsen von Rügen



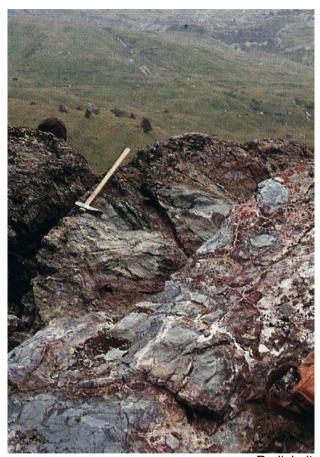
Feuersteine am Strand von Rügen

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 (CO₂) Calcit wieder aufgelöst wird. Von den absinkenden Schalen und Skeletten bleiben in solchen Tiefen nur solche aus Kiesel (SiO₂) oder andern unlöslichen Substanzen zurück, insbesondere die feinen Skelette der Radiolarien, einer Gruppe von Einzellern.



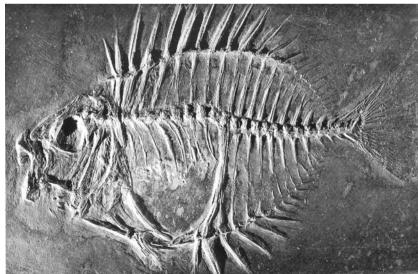
Radiolarien



Radiolarit Alp Flix, GR

Protornis glaronensis (Glarner Vogel)

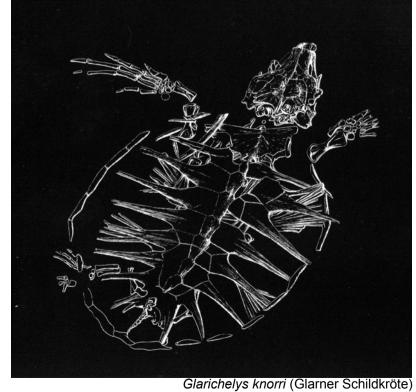




Protosiganus glarisianus (Kaninchenfisch)

Phosphate

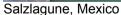
Fossilien unterhalb der CCD – z.B. Knochen oder Gräte aus Phosphat

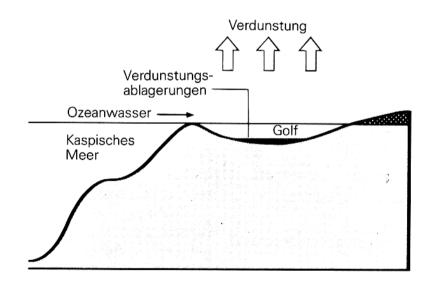


Evaporite

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.











Bei hoher Verdunstungsrate kann im Karbonatschlamm zuerst Gips, eine Verbindung von Calcium und Schwefel (CaSO₄), und später Steinsalz (NaCl) auskristallisieren.





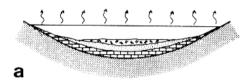


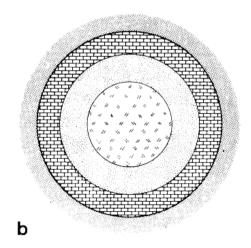
Halit, Steinsalz

"Bullauge" - Struktur

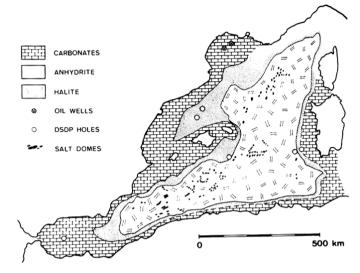
und

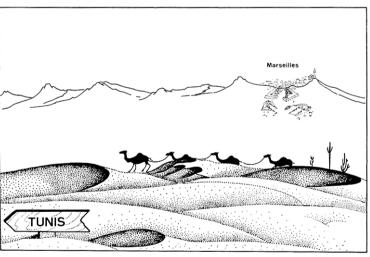
die "Austrocknung des Mittelmeeres vor rund 5.5 Millionen Jahren











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

Schwefelquellen geo-life



Schwefelquelle Luchsingen (GL)



Das einstige Bad Stachelberg

Die Zeiten, als man ohne Umsteigen mit dem Zug von Paris nach Linthal (GL) gelangen konnte, sind vorbei, doch die Schwefelquellen der "Bains de Stachelberg", dem einstigen Treffpunkt der internationalen High Society, sind bis heute nicht versiegt.

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.



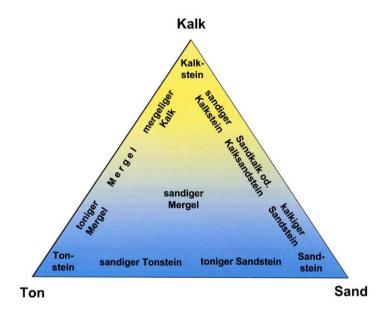
Chemische und Organochemische Sedimente und Sedimentgesteine

| Begriff | Chemische Zusammensetzung | Minerale |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Karbonate Kalkstein (Travertin, Tropfstein, Quelltuff,) Dolomit | Calciumcarbonat ($CaCO_3$) Calcium-Magnesium-Carbonat ($Ca,Mg(CO_3)_2$) | Calcit, Aragonit Dolomit |
| Kieselige Sedimente Hornstein, Feuerstein (Flint), Silex | Siliciumdioxid (SiO ₂) | Opal, Chalcedon, Jaspis, |
| Oxide Eisenerz | Eisenoxid (Fe ₂ O ₃) | Hämatit, Limonit |
| Evaporite - Verdunstungsgesteine Steinsalz Sulfate (Sulfatsalze) | Natriumchlorid (NaCl) Calciumsulfat (CaSO ₄) | Halit Gips, Anhydrit |
| Phosphate Phosphorit | Calciumphosphat (Ca ₃ (PO ₄) ₂) | Apatit (Zahnschmelz) |
| Bituminöse "Gesteine" - Umwandlungen o Pflanzliche Oranismen Tierische Organismen | organischer Weichteile Torf, Kohle Erdöl | |



Mischgesteine – Klastische Sedimente + Chemische Sedimente

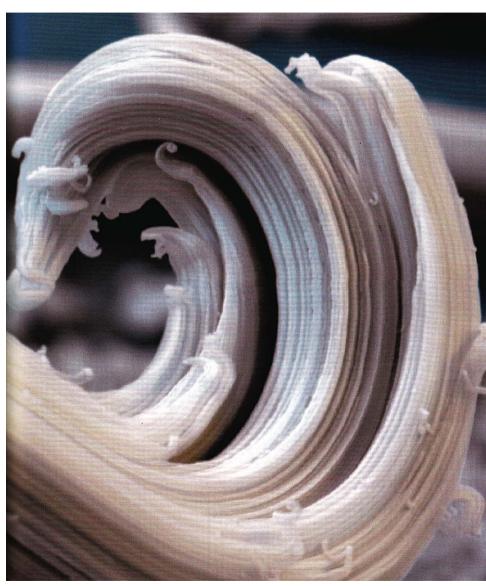




Sand und Ton, beliebig beigemischt

Die Flu□sse 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.

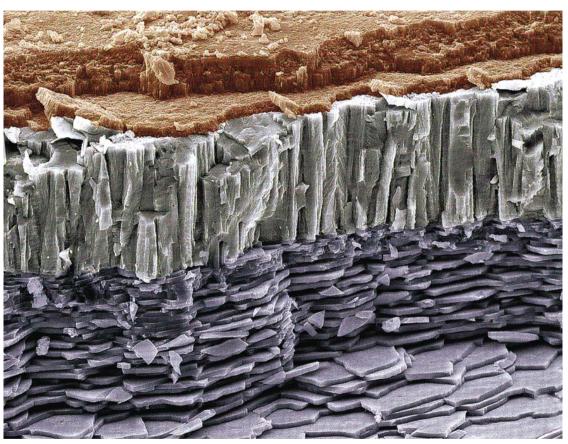
Organische Mineralisationen



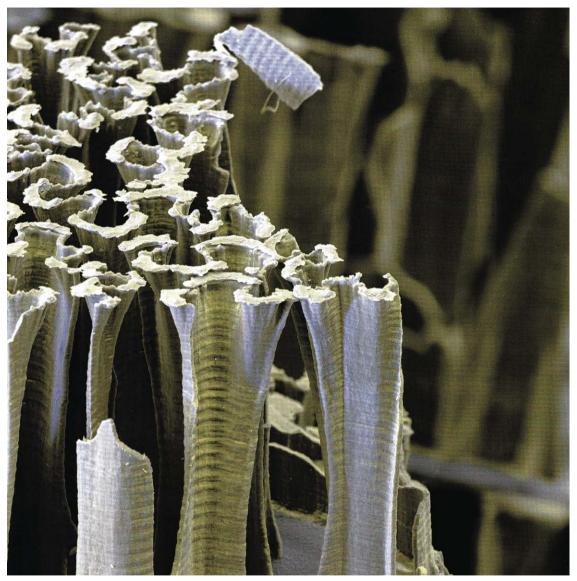
Baryt (BaSO₄) in Gegenwart eines Kettenmoleküls



Calcit (CaCO₃) in Gegenwart eines Kettenmoleküls



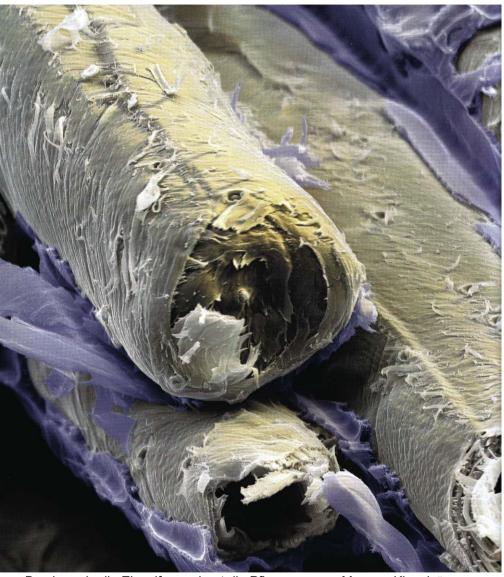
Schichtaufbau einer Schneckenschale. Die Perlmuttschicht (graublau) besteht aus Aragonit, wobei jede Lage in eine Matrix aus Proteinen und Chitin verpackt ist. Der Rest aus Calcit.



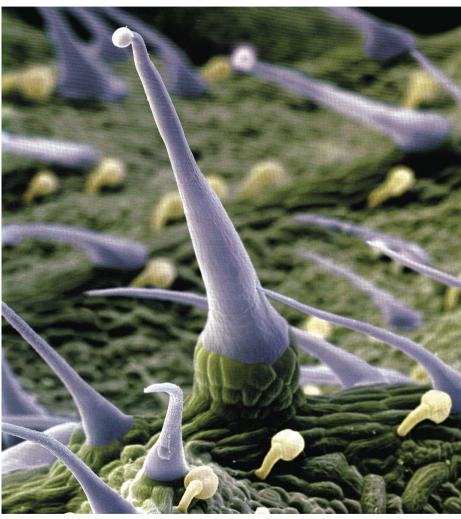
Luftkammern im Schulp (Wetzstein) des Sepia-Tintenfisches. Etwa 4% Eiweiss und Chitin sind dem Kalk beigemischt. Diese Konstruktion widersteht dem Wasserdruck in mehreren 100 m Tiefe.



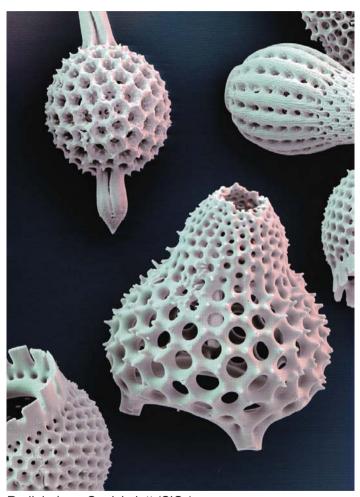
Im Stachel eines Seeigels ist ein Kranz von Kalksäulen zwischen Hautzellen eingebettet.



Bambus - in die Einzelfasern baut die Pflanze grosse Mengen Kieselsäure (${
m SiO_2}$) ein. Manche Arten mehr als 70%



Brennessel - 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.



Radiolarien - Opalskelett (SiO₂)

